

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**  
**«КУЗБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Т.Ф.ГОРБАЧЕВА»**  
**Филиал КузГТУ в г. Белово**

Кафедра Горного дела и техносферной безопасности

**ПОДЗЕМНАЯ РАЗРАБОТКА**  
**МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

Методические материалы для выполнения практических работ  
направление подготовки «20.03.01 Техносферная безопасность»  
профиль «01 Безопасность технологических процессов и производств»

Присваиваемая квалификация «Бакалавр»

для всех форм обучения

Составитель В. В. Аксененко  
Рассмотрены на заседании кафедры  
Протокол № 9 от 15.04.2023г.  
Рекомендованы учебно-методической  
комиссией по специальности 21.05.04  
«Горное дело» в качестве электронного  
издания для использования в  
образовательном процессе  
Протокол № 6 от 15.04.2023г.

## ВВЕДЕНИЕ

Целями освоения дисциплины «Подземная разработка месторождений полезных ископаемых» является получение обучающимися теоретических знаний и практических навыков по выбору и обоснованию параметров научно обоснованных технологий разработки твердых полезных ископаемых подземным способом, обеспечивающих высокие технико-экономические показатели работы горных предприятий, безопасные условия труда, охрану недр и окружающей человека среды.

Горное дело является одним из древнейших видов деятельности человека. Добыча полезных ископаемых подземным способом является совокупностью очень сложных технологических процессов и связана с повышенной опасностью. Горный инженер всегда считался высокообразованным, всесторонне развитым специалистом и пользовался уважением в обществе. Человек такой профессии должен не только обладать глубокими теоретическими знаниями, но и в совершенстве владеть навыками выполнения различных инженерно-технических расчетов и построения чертежей. Эти навыки требуется постоянно применять в работе, и от степени владения ими во многом зависит квалификация горного инженера. Кроме того, владение такими навыками необходимо для формирования компетенций, представленных в ФГОС.

Освоение дисциплины направлено на формирование профессиональных компетенций:

ПК-10 – владеть способностью и готовностью применять знания основ технологических процессов, работы машин, устройств и оборудования, применяемого сырья и материалов с учетом специфики деятельности работодателя.

Результаты обучения по дисциплине определяются индикаторами достижения компетенций: Применяет знания свойств горных пород для выбора оборудования и обоснования параметров технологических процессов открытых горных работ, оценки их соответствия требованиям нормативных документов в области промышленной безопасности.

Знает: требования действующих нормативных документов в области промышленной безопасности при открытой разработке месторождений полезных ископаемых;

Умеет: применять требования действующих нормативных документов в области промышленной безопасности при открытой разработке месторождений полезных ископаемых;

Владеет: требованиями действующих нормативных документов в области промышленной безопасности при открытой разработке месторождений полезных ископаемых.

Методические материалы по проведению практических занятий предназначены для изучения и закрепления знаний по дисциплине «Подземная разработка месторождений полезных ископаемых» и составлены в соответствии с рабочей программой дисциплины.

Методические материалы для практических занятий позволяют во время аудиторных занятий, при поддержке преподавателя, изучить ту или иную методику, а затем самостоятельно выполнить необходимые расчеты и чертежи по индивидуальному заданию.

В конце пособия приведены литературные источники, в которых имеется более подробный материал по каждой теме работы. По каждой работе обучающиеся самостоятельно оформляют отчеты.

Требования к отчетам по практическим работам: Отчёт представляется в бумажном виде. Он должен содержать:

1. Название темы.
2. Цель.
3. Объект исследования.
4. Ход работы.
5. Вывод

Например: Отчёт по теме "Горные выработки" (практическая работа №1) должен содержать:

1. Название темы: "Горные выработки".
2. Цель: изучение терминологии горных выработок и пространственного расположения горных выработок.
3. По классификации горных выработок дать определения понятий 4-5 горных выработок с указанием их функционального назначения.
4. Привести примеры схем пространственного расположения рассмотренных 4-5 горных выработок относительно угольного пласта.
5. Указать отличительные признаки между рассмотренными горными выработками.

# Методические материалы для выполнения практических занятий

## Практическое занятие №1

**Тема:** Понятие о горных выработках.

**Цель занятия:** – Изучение расположения подземных горных выработок в земной коре, их терминологическая характеристика.

**Содержание работы:** Знакомство с горными выработками различного пространственного положения и функционального назначения. Ответы на контрольные вопросы и выполнение поставленных заданий. Работы по извлечению залежей полезных ископаемых называются горными. В результате ведения горных работ в толще полезного ископаемого или пустых пород образуются полости, называемые горными выработками. Все подземные горные выработки занимают определённое положение в пространстве, имеют или не имеют непосредственный выход на дневную поверхность, определённо проводятся по отношению к полезному ископаемому или вмещающим породам, имеют определённое назначение (рис. 1.1, 1.2, 1.3).

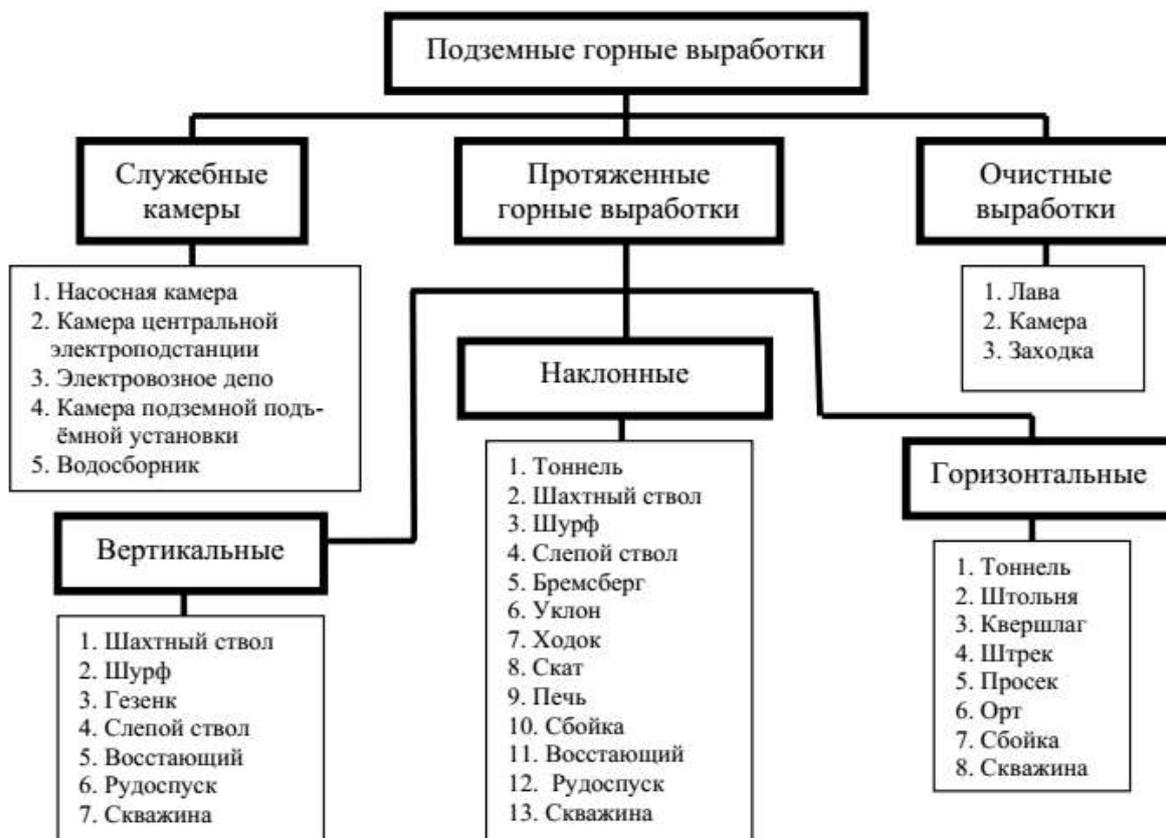


Рис. 1.1. Классификация подземных горных выработок

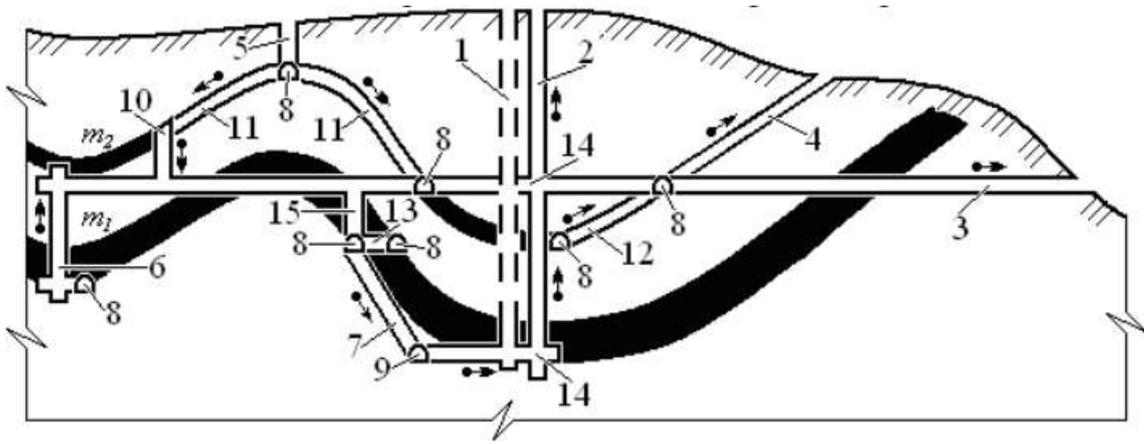


Рис. 1.2. Схема расположения подземных горных выработок при разработке пластовых залежей (разрез вкрест простирания)

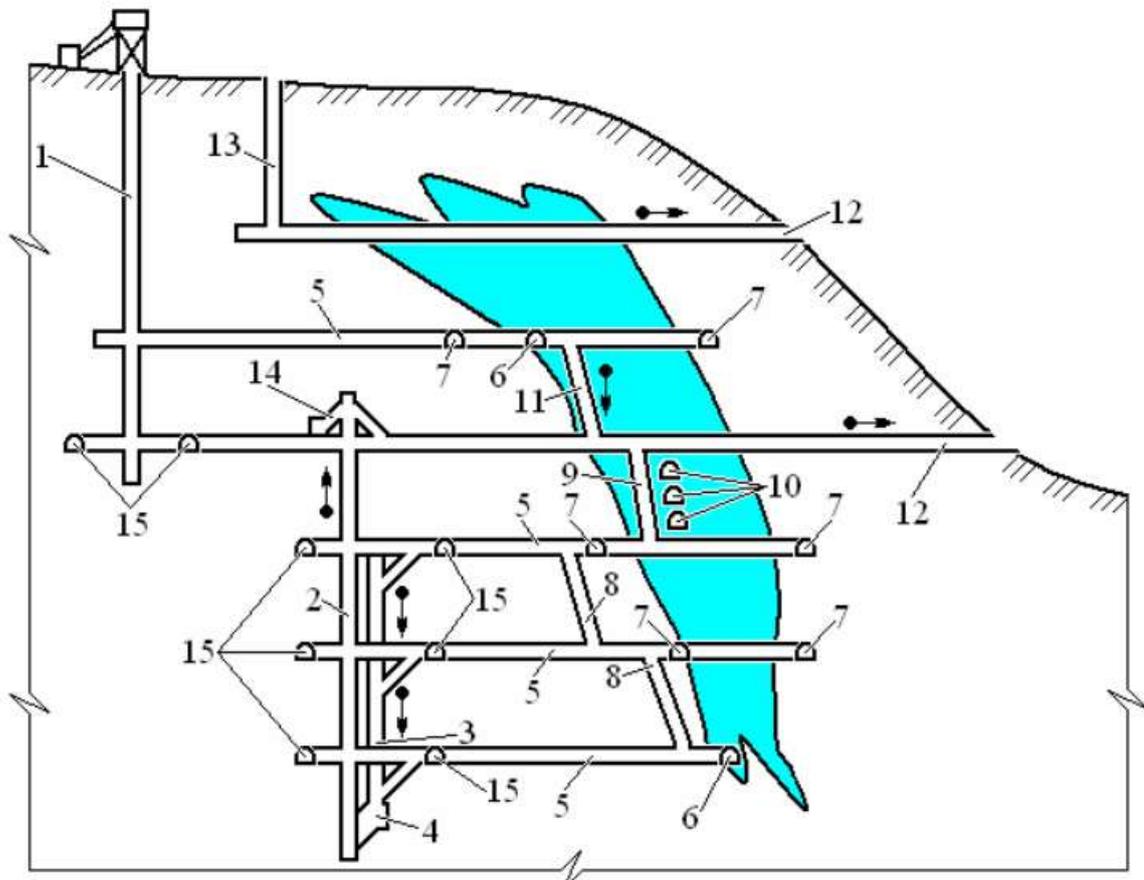


Рис.1.3. Схема расположения подземных горных выработок при разработке рудной залежи (разрез вкрест простирания)

**Задание:**

1. Письменно дайте определения служебным камерам.
2. Письменно дайте определения очистным выработкам.
3. Письменно дайте определения вертикальным горным выработкам.
4. Письменно дайте определения наклонным горным выработкам.
5. Письменно дайте определения горизонтальным горным выработкам.

6. Изобразите в рабочей тетради рис. 2.2 и присвойте названия горным выработкам.

7. Изобразите в рабочей тетради рис. 2.3 и присвойте названия горным выработкам.

### **Контрольные вопросы:**

1. По каким факторам определяется  $S_{св}$ ?

2. Какое значение  $S_{св}$  выбирается из  $S_{св в}$ ,  $S_{св тр}$ ,  $S_{св мин}$ ?

3. Какое значение минимально допустимого прохода для людей?

4. Что означают понятия площадь поперечного сечения "до осадки" и "после осадки"?

5. Какая максимально допустимая скорость воздуха в бремсбергах?

## **Практическое занятие №2**

**Тема:** Основные положения механики горных пород. Напряженное состояние массива. Горное давление.

**Цель занятия:** Ознакомление с основными вопросами, рассматриваемыми геомеханикой и изучение базовых понятий и терминов напряжённо-деформированного состояния горных массивов.

Информация о напряжённом состоянии массива горных пород до ведения в нём горных работ (напряжённое состояние нетронутого массива) имеет первостепенное значение для решения подавляющего большинства горно-строительных и эксплуатационных задач. Она необходима для оценки устойчивости породных обнажений, расчёта крепи подготовительных и очистных выработок, выбора и обоснования способа охраны подготовительных выработок, прогноза горных ударов, других явлений и процессов в массивах.

От величины напряжённого состояния массива пород в большой мере зависит характер и степень проявления горного давления в подготовительных выработках и, следовательно, их устойчивость.

Проведение горной выработки, строительство любого подземного сооружения вызывают изменение напряжённого состояния массива пород в некоторой области вокруг них. Это объясняется тем, что столб породы на ширину выработки (сооружения) лишается непосредственной опоры, и часть веса этого столба передаётся на соседние части массива. Появляются повышенные и пониженные напряжения. Те участки массива вокруг выработки, на которых находят опору подработанные породы, называют

зонами повышенных напряжений. Нижние слои подработанной толщи пород испытывают пониженные напряжения и называются зонами пониженных напряжений. Породы за зоной повышенного и зоной пониженного напряжения находятся в естественном напряжённом состоянии (рис. 2.1).

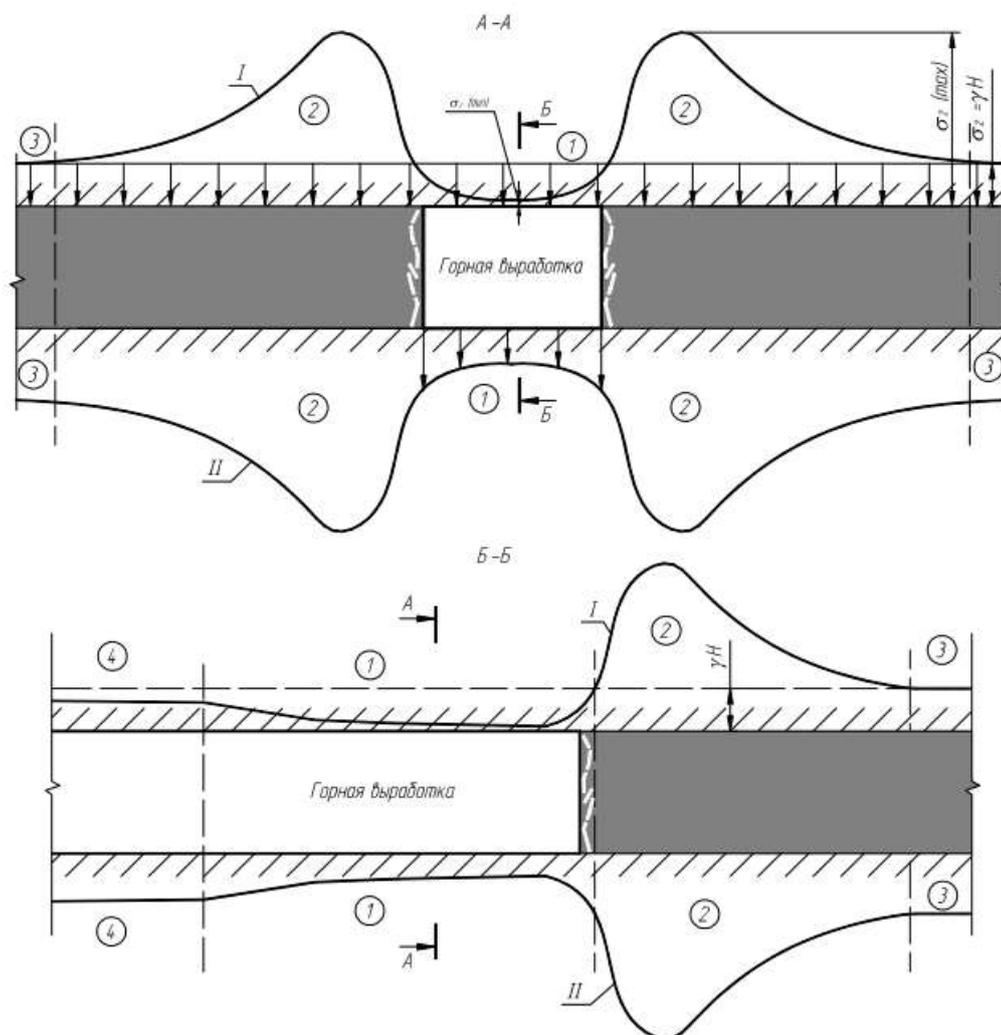


Рис. 2.1. Схема распределения напряжений в породах вокруг одиночной горной выработки: 1 – зона пониженных напряжений; 2 – зона повышенных напряжений (опорного давления); 3 – зона естественного напряжённого состояния; 4 – зона восстановления напряжений; I – эпюра напряжения в породах кровли; II – эпюра напряжения в породах почвы

Следовательно, вокруг любой выработки всегда формируются две новые зоны напряжённого состояния пород: в кровле и почве – зона (область) пониженных напряжений; в боках и впереди забоя – зона (область) повышенных напряжений. В связи с тем, что на боках выработки находят частичную или полную опору подработанные породы в пределах пролета выработки, зону повышенных напряжений чаще всего называют зоной опорного давления. В кровле и почве выработок, т. е. в зоне пониженных напряжений, возникают растягивающие напряжения, а в боках выработок,

т.е. в зоне опорного давления, значительно повышаются сжимающие напряжения.

Коэффициентом концентрации напряжений называется отношение величины напряжения, возникающего после проведения выработки, к величине напряжения в той же точке до проведения выработки.

Область, в которой происходит перераспределение напряжений при проходке выработки, называют зоной влияния выработки.

В реальных условиях характер и степень перераспределения напряжений и формирования в породах вокруг одиночных выработок новых зон напряжённо-деформированного состояния зависит главным образом от прочности вмещающих пород, глубины расположения, площади и формы сечения и соотношения ширины к высоте выработки и способа её проведения, плотности установки и механической характеристики применяемой крепи.

Впереди забоя выработки сосредоточиваются и перемещаются по мере подвигания забоя повышенные напряжения, т. е. опорное давление (рис. 2.2, Б-Б). Протяжённость зоны опорного давления 2 в большинстве случаев составляет 2÷6 м. Впереди зоны 2, в зоне 3 породы находятся в естественном напряжённом состоянии. Непосредственно за забоем, в зоне 1, напряжения в породах довольно интенсивно снижаются. Протяжённость зоны 1 обычно не превышает 40 м. За пределами зоны 1, в зоне 4, напряжения в кровле (почве, боках) стабилизируются, т. е. устанавливаются на практически постоянном уровне, близком к первоначальному (до проведения выработки).

В зоне пониженных напряжений породы кровли и почвы выработки испытывают в основном растягивающие напряжения, в боках – сжимающие. В связи с тем, что прочность породы на растяжение обычно в 8–15 раз меньше, чем на сжатие, в первую очередь в основном опасно деформируются и разрушаются породы в кровле и почве выработки, несмотря на то, что напряжения в них значительно меньше, чем в боках выработки.

В породах вокруг взаимовлияющих выработок распределение напряжений имеет более сложный характер. Помимо факторов, влияющих на распределение напряжений в породах вокруг одиночных выработок, на распределение напряжений вокруг взаимовлияющих выработок большое влияние оказывают степень их сближенности, т. е. размеры целика между ними, форма поперечного сечения, расположение друг относительно друга (параллельно, одна под другой и др.) и порядок проведения их во времени (одновременно или с разрывом во времени). На рис. 2.2 показана схема распределения напряжений в породах кровли двух взаимовлияющих

горизонтальных (наклонных) горных выработок. Аналогично распределение напряжений и в породах почвы выработок.

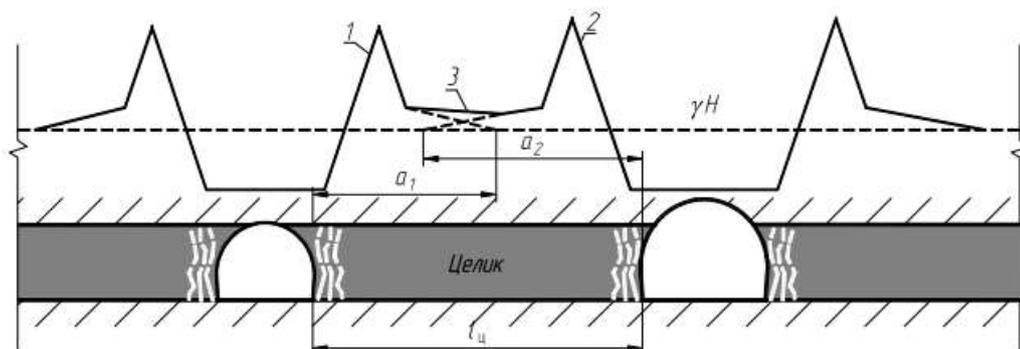


Рис. 2.2. Схема формирования напряжений в породах кровли взаимовлияющих выработок: 1, 2 – эпюры напряжений в зоне опорного давления; 3 – участок взаимного наложения напряжений (суммарная эпюра)

Взаимное влияние выработок и воздействие опорного давления одной выработки на опорное давление второй выработки, пройденной рядом, не произойдет при условии, когда расстояние между ними  $l_{ц}$  больше суммы протяженности зоны опорного давления вокруг каждой из них.

Если выработки расположить одну над другой, то концентрация напряжений (по сравнению с одиночной выработкой) уменьшается, т. е. взаимовлияющие выработки, расположенные указанным образом, друг друга разгружают.

На угольных шахтах основными очистными выработками являются лавы, а отработку пластов осуществляют с обрушением пород кровли, на рудных шахтах – камеры с обрушением пород кровли. Небольшая часть угольных пластов и рудных тел отрабатывается с закладкой выработанного пространства закладочными материалами.

Ведение очистных работ приводит к нарушению начального напряжённого состояния пород в большой области вокруг выработанного пространства и очистной выработки. В породном массиве вокруг очистной выработки, как и вокруг подготовительной, формируются две новые зоны напряжённого состояния пород – зона повышенных напряжений (зона опорного давления) и зона пониженных напряжений (зона разгрузки).

Под опорным давлением при очистной выемке понимают давление покрывающих пород и пород, зависающих на краевые части массива и целики, на закладочный массив, обрушенные породы в выработанном пространстве.

В распределении опорного давления при ведении очистных работ выделяют ряд пространственных зон. На рис. 2.3. показан общий характер распределения опорного давления в плоскости пологого пласта.

Относительно забоя в этой плоскости выделяют следующие зоны опорного давления: I – передняя зона опорного давления; II – боковые зоны опорного давления (по падению и восстанию); III – зона восстановления нагрузок. По характеру изменений опорного давления выделяют зоны: динамических проявлений S1 и S2; затухания динамических проявлений S3; статического состояния или псевдостатического состояния опорного давления S4. В зонах динамических проявлений S1 и S2 опорное давление меняет свою интенсивность, характер распределения и ширину охватываемой зоны. Опорное давление в передней зоне I отличается от такового в боковых зонах II, что обусловлено динамикой зависаний пород вблизи забоя. На достаточном расстоянии от очистного забоя в боковых зонах динамических проявлений не существует.

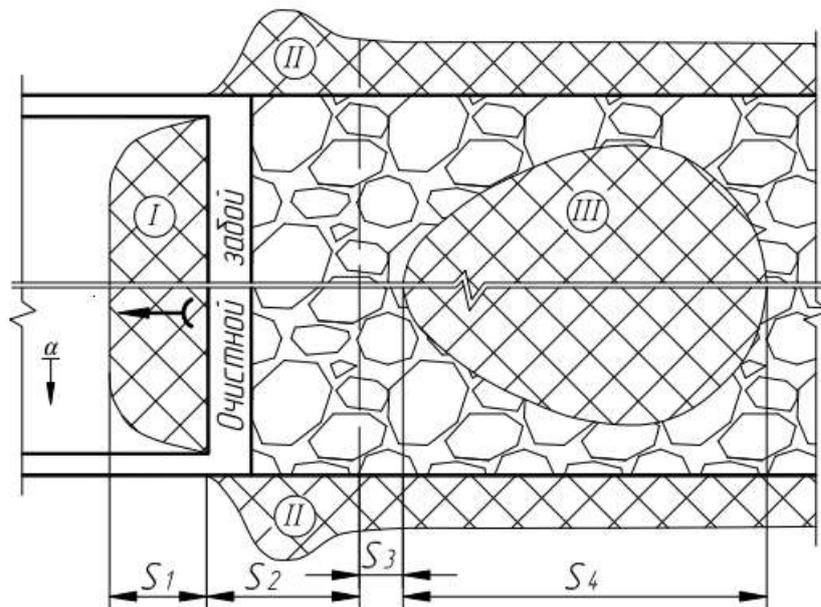


Рис. 2.3. Общий характер распределения опорного давления в плоскости пологого пласта

Динамика опорного давления в боковых зонах II проявляется в пределах зоны S2 в основном аналогично динамике проявления в зоне S1 (при практически одинаковой несущей способности и жёсткости опор). Максимум опорного давления ориентируется вблизи забоя в направлении его подвигания: по простиранию, падению или восстанию.

В пределах самих зон опорного давления наблюдается его существенная дифференциация. Так, в передней зоне I выделяют следующие подзоны (рис. 2.4): а – пониженных напряжений (относительно  $\gamma H$ ); б – повышенных напряжений; в – вторая подзона пониженных напряжений; г – подзона напряжений, близких к  $\gamma H$ .

Пониженное напряжение в приконтурной части а очистного забоя, а также в боковых зонах опорного давления объясняется тем, что здесь пласт угля

под действием опорного давления частично разрушается, в нём раскрываются трещины и другие макродефекты.

По этой причине опорное давление перемещается с участка а на участок б, который обычно является местом концентрации повышенных напряжений. Эта часть пласта находится в двухосном напряжённом состоянии, в то время как на большем удалении от забоя он находится в объёмном напряжённом состоянии.

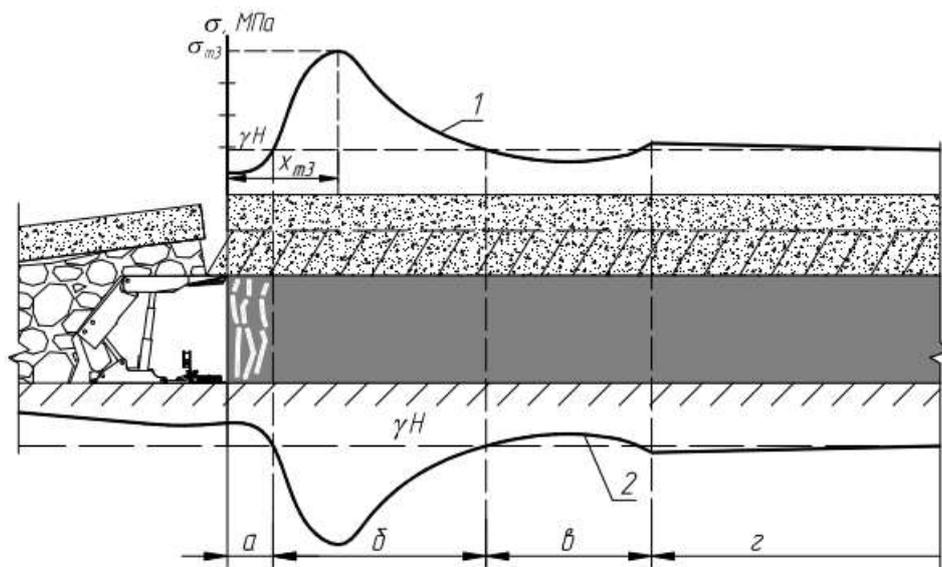


Рис. 2.4. Распределение опорного давления в зоне I (впереди очистного забоя): 1 – эпюра напряжений в кровле; 2 – эпюра напряжений в почве пласта

Примыкающие к контуру отработанной площади зоны, нагруженные опорным давлением, называются краевыми. Краевые зоны представляют своеобразные штампы, через которые опорное давление передаётся в породы подстилающей толщи, повышая здесь давление. Поэтому под краевыми зонами образуются области повышенных напряжений, в которых напряжения затухают на значительных удалениях от разрабатываемого пласта.

Проявления опорного давления играют основную роль в возникновении горных ударов, внезапных выбросов. От опорного давления в наибольшей мере зависит устойчивость подготовительных выработок, примыкающих к очистным забоям.

Особенно большое значение опорное давление приобретает при разработке свит пластов, когда происходят многократные надработки и подработки пластов, при больших пролетах выработок, а также при возрастании глубины работ и усложнении геологических условий разработки.

## **Контрольные вопросы:**

1. Какие зоны возникают в результате изменения напряжённого состояние вокруг одиночной выработки?
2. Какие зоны возникают в результате изменения напряжённого состояние вокруг очистной выработки?
3. Какие зоны формируются в массиве внутри области влияния очистной выработки?
4. Что такое зона опорного давления? Почему она возникает?
5. Что такое коэффициент концентрации напряжений?
6. Что такое надработка и подработка?

## **Практическое занятие №3**

**Тема:** Понятие о креплении горных выработок. Виды горных крепей. Основные положения расчёта крепи.

**Цель занятия:** Изучить виды горных крепей, их классификацию, методику расчета крепи.

Все работы, выполняемые с целью добычи полезных ископаемых (ПИ) на различных стадиях разработки месторождений полезных ископаемых (МПИ), называют горными работами.

В результате горных работ в толще ПИ или в пустых породах образуются искусственные полости – горные выработки.

Горные выработки используются для:

- размещения в них горных машин и оборудования;
- транспортирования добытого ПИ и пустых пород;
- доставки к месту работы материалов;
- для передвижения людей и циркуляции воздуха;
- для прокладки электрических кабелей, а также различных по назначению трубопроводов (для водоотлива, для подачи сжатого воздуха);
- и др. целей.

Горные выработки, проведенные в недрах Земли, независимо от того, имеют они выход на поверхность или нет, называются подземными.

До проведения горной выработки породы в нетронутом массиве испытывают воздействие веса толщи вышележащих пород и находятся в состоянии напряженного равновесия, т.е. давление вышележащих пород на

некоторый элементарный объем («кубик») уравновешено силами сопротивления нижележащих пород.

При проведении в массиве горной выработки равновесие нарушается. При этом в породах вокруг выработки происходит перераспределение и изменение напряжений. Нарушение исходного (природного, существовавшего до начала горных работ) напряженного состояния происходит в результате смещений пород вокруг выработки. Наибольшие смещения происходят на контуре выработки и вблизи него. Основные смещения массива происходят по направлениям перпендикулярным контуру выработки: кровля опускается, почва поднимается, бока выработки сближаются из-за горизонтальных смещений навстречу друг другу. По мере удаления в массив смещения затухают. Из-за неравномерности смещений массив горных пород деформируется: сжимается, растягивается, изгибается, сдвигается.

Для предотвращения обрушения кровли и стенок, пучения почвы, а также сохранения необходимой формы и размеров горной выработки для ее рабочего состояния необходимо возведение в выработке искусственного сооружения – горной крепи.

От правильного выбора крепи для конкретных горно-геологических условий и качества ее возведения зависит способность крепи воспринимать горное давление. От этого напрямую зависит устойчивость выработки, и, следовательно, обеспечение безопасных условий ее эксплуатации в течение всего срока службы.

## 1. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О КРЕПЯХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК И ТРЕБОВАНИЯ К НИМ. КЛАССИФИКАЦИЯ КРЕПЕЙ

Горная крепь (обделка) – строительная конструкция, возводимая в горных выработках и подземных сооружениях для сохранения их заданных размеров и формы и защиты от обрушений и чрезмерных смещений окружающих пород.

Крепление горных выработок (подземных сооружений) – совокупность работ по установке (возведению) крепи. Важно обратить внимание на два совершенно различных понятия: крепь горной выработки и крепление горной выработки, которые зачастую путают студенты.

Горные крепи по виду конструкции, материалу, из которого они изготовлены, форме, характеру работы и другим признакам подразделяют:

– по материалу – на деревянные, металлические, каменные (из естественных и искусственных камней), бетонные, железобетонные, полимерные, смешанные;

- по форме – трапециевидные, прямоугольные, арочные, кольцевые, эллиптические, полигональные;
- по назначению выработок – на крепи подготовительных, капитальных и очистных выработок;
- по углу наклона выработок – на крепи горизонтальных, наклонных и вертикальных выработок;
- по сроку службы – на временные, временные предохранительные и постоянные;
- по характеру взаимодействия крепи с массивом пород – на ограждающие, изолирующие и несущие.

Ограждающие крепи предназначены для защиты людей и оборудования в выработке от случайных местных вывалов кусков породы.

Изолирующие крепи служат для защиты обнажений пород в выработках от выветривания, переувлажнения, растекания и сглаживания неровностей. Изолирующими являются крепи из торкретбетона и набрызгбетона, полимерных и других материалов.

Несущие крепи служат для восприятия нагрузки от горного давления. Их подразделяют:

- по величине конструктивной податливости – на жесткие, малоподатливые и очень податливые. Величина вертикальной податливости перечисленных групп крепей составляет соответственно до 50 мм, от 50 до 100 мм, от 100 до 300 мм и более 300 мм;
- по взаимному расположению частей – на одно-, двух- и многослойные;
- по способу возведения – на обычные и специальные (забивные, погружные, опускные и др.).

Рамная крепь – крепь, которая состоит из отдельных несущих рам различной формы (трапециевидной, арочной и др.). Ее устанавливают в выработке на некотором расстоянии («вразбежку») или вплотную одна к другой. Рамные крепи в зависимости от формы называют также соответственно арочной, трапециевидной, кольцевой, полигональной крепью и т.п.

Сплошная крепь – монолитная или сборная из отдельных элементов; бетонная и железобетонная крепи, полностью перекрывающие кровлю и бока выработки (незамкнутые конструкции), а зачастую и почву выработки (замкнутые конструкции).

Смешанная крепь – крепь выполненная из различных крепежных материалов. К смешанным относят, например, рамные крепи, состоящие из деревянных стоек и металлического верхняка, из железобетонных стоек и металлического верхняка и др.

Комбинированная крепь – крепь, состоящая из двух и более различных конструкций (например, рамная деревянная или металлическая крепь в сочетании с анкерной, набрызгбетонная совместно с анкерной и др.).

Постоянную крепь устанавливают на весь срок службы выработки, временную крепь возводят до установки постоянной.

Крепь, применяемую для предотвращения обрушения пород на участке подвигания забоя на очередной цикл в момент их обнаружения до возведения крепи (постоянной или временной), называют временной предохранительной крепью.

Плотность крепи характеризует число крепежных рам на единицу длины (обычно на 1 м) выработки или число стоек, анкеров, секций крепи на единицу площади (основном на 1 м<sup>2</sup>) кровли выработки.

## 2. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К КРЕПЯМ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

Крепь горных выработок должна удовлетворять следующим основным техническим, технологическим и экономическим требованиям:

- иметь достаточную прочность и несущую способность, т.е. выдерживать давление горных пород, не разрушаясь, и обеспечивать безопасное состояние выработки;
- занимать мало места в выработке с целью снижения затрат на выемку породы и крепление;
- быть несложной в изготовлении;
- не оказывать большого сопротивления движению воздуха по выработке, т.е. обладать низким аэродинамическим сопротивлением;
- не мешать выполнению работ при проведении и эксплуатации выработок;
- быть удобной и нетрудоёмкой при транспортировании и при возведении её в выработке;
- быть огнестойкой, морозостойкой и стойкой против гниения и коррозии;
- обеспечивать легкую и удобную разборку на отдельные транспортабельные части при ремонте выработок и предусматривать возможность наиболее полного извлечения крепи из погашаемых выработок и дальнейшего повторного использования;
- трудовые и материальные затраты на изготовление, транспортировку и установку крепи и ремонт её в течение всего времени эксплуатации выработки должны быть наименьшими;
- обеспечивать возможность механизации возведения крепи и изготовления её элементов.

По условиям безопасности очень важно, чтобы разрушению крепи при достижении её предельной несущей способности предшествовали внешние

признаки, которые позволили бы своевременно принять меры по предотвращению обрушения пород и завала выработки.

Эти требования являются общими для всех видов и конструкций крепей подготовительных и капитальных выработок и ими следует руководствоваться при выборе вида и конструкции крепей для конкретных горно-геологических условий и выработок.

### 3. КОНСТРУКЦИИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ И СМЕШАННЫХ РАМНЫХ КРЕПЕЙ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ И НАКЛОННЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

Металлические рамные крепи являются наиболее распространенным видом крепи горизонтальных и наклонных горных выработок. Так, на угольных шахтах ими крепят около 86% капитальных горных выработок.

Для крепления выработок применяют следующие основные конструкции металлических крепей:

- податливые крепи (арочные, трапециевидные и кольцевые);
- жесткие крепи (арочные, трапециевидные и кольцевые).

Из общего объема применяемых металлических крепей более 90% составляют крепи типа КМП (рис.3.1).

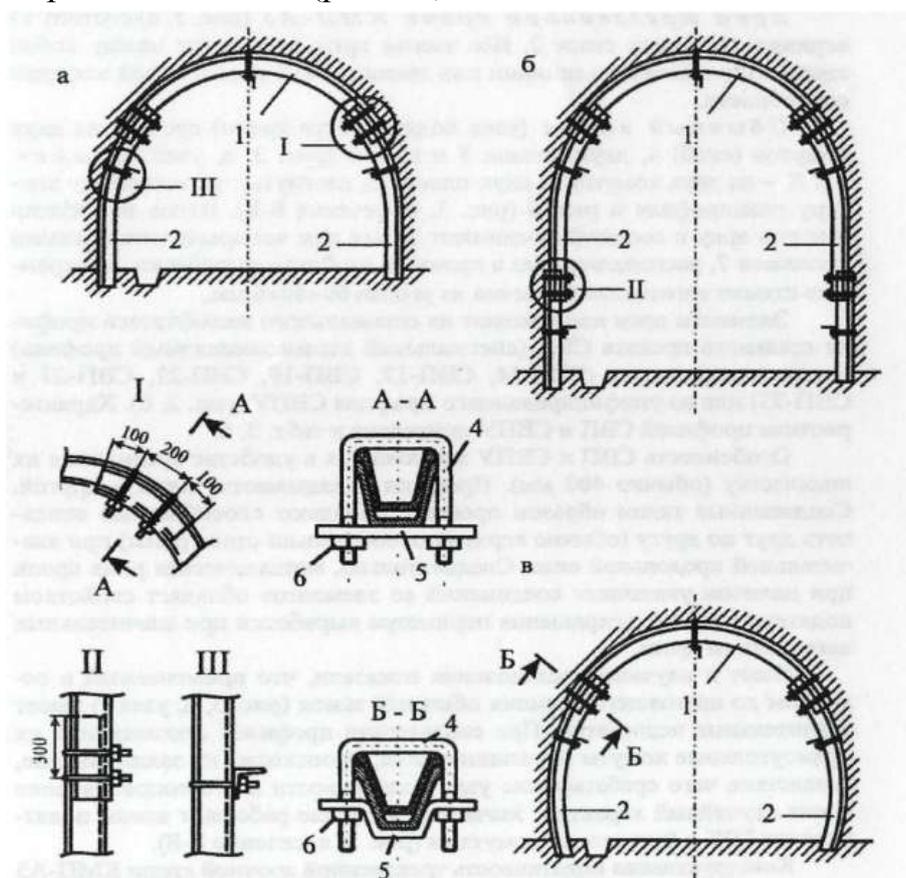


Рис. 3.1. Металлические податливые арочные крепи из спецпрофиля:  
а – КМП-А3; б – КМП-А5; в – КМП-А3У

Арка трехзвенной металлической податливой крепи КМП – АЗ (см. рис. 3.1, а) состоит из верхняка 1 и двух стоек 2. Все звенья арки соединяют между собой внахлестку обычными замками или замками ЗПК повышенной несущей способности.

Обычный замок (узел податливости крепи) состоит из двух хомутов (скоб) 4, двух планок 5 и гаек 6 (рис. 3.1, а, узел I), замок ЗПК – из двух хомутов 4, двух планок 5, изогнутых по внешнему контуру спецпрофиля и гаек 6 (рис. 3.1, в, сечение Б-Б).

Вдоль выработки каждую арку с соседней соединяют тремя или четырьмя межрамными стяжками 7, располагаемыми в кровле и по бокам выработки. Межрамные стяжки изготовляют обычно из уголка 60×60×6 мм.

Элементы арки изготовляют из специального желобчатого профиля стального проката СВП (специальный взаимозаменяемый профиль) шести типоразмеров (СВП-14, СВП-17, СВП-19, СВП-22, СВП-27 и СВП-33) или унифицированного профиля СВПУ.

Крепь металлическая податливая кольцевая КМП-К4 (рис. 3.2) предназначена для горизонтальных и наклонных выработок, расположенных в неустойчивых породах, склонных к пучению.

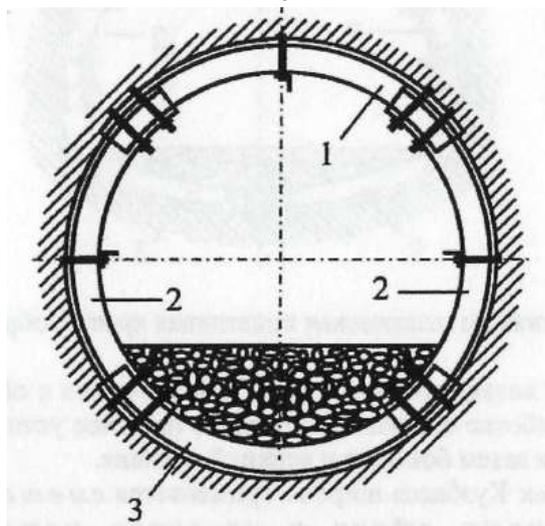


Рис. 3.2. Кольцевая металлическая податливая крепь КМП-К4

Арочную металлическую податливую крепь с обратным сводом КМПЗ (крепь металлическая податливая замкнутая) изготовливают из спецпрофиля СВП, обратный свод которых состоит из одного лежня, и крепи, обратный свод которых выполнен из двух полулежней.

На рис. 3.3 показана арочная металлическая податливая крепь с обратным сводом, состоящая из верхняка 1, двух боковых криволинейных элементов 2 и двух криволинейных полулежней 3, соединенных между собой с помощью скоб с планками и гайками или скоб с болтами.

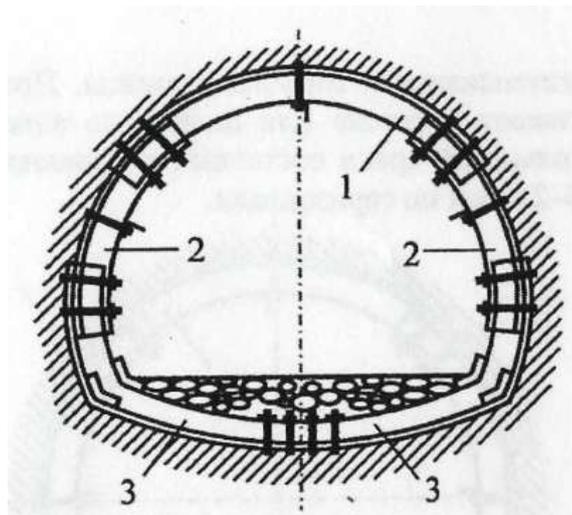


Рис. 3.3. Арочная металлическая податливая крепь с обратным сводом

Крепь с обратным сводом применяют обычно в выработках с пучащими породами почвы и в выработках, испытывающих повышенное всестороннее горное давление.

На шахтах Кузбасса широко применяется смешанная крепь из деревянных стоек и плоского металлического верхняка из спецпрофиля для крепления конвейерных и вентиляционных штреков лав, других пластовых выработок с небольшим сроком службы. Ею крепят на шахтах Кузнецкого бассейна 15-18 % от общей протяженности проводимых горных выработок. Рама крепи состоит из плоского металлического верхняка 1 из спецпрофиля СВП-17 или СВП-22 и двух деревянных стоек 3 (рис. 3.4).

Верхняк расположен открытой стороной внутрь выработки. Верхний конец слегка заостряют по форме поперечного сечения спецпрофиля и вводят плотно в верхняк. Для предотвращения выдавливания стоек из верхняка к нему поперек с каждой стороны в местах ввода стоек приварены металлические угольники 2 или пластины.

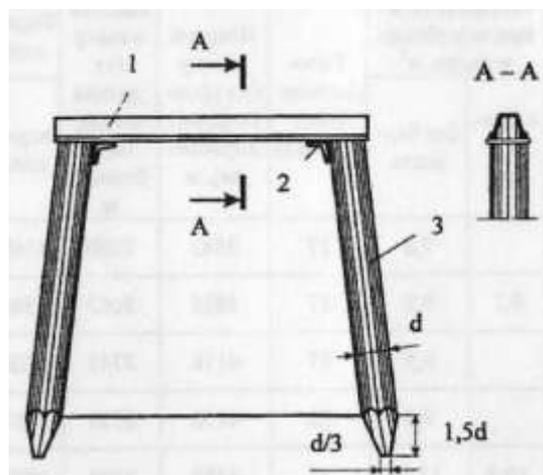


Рис. 3.4. Смешанная крепь из деревянных стоек и металлического верхняка из спецпрофиля

Рамы устанавливаются через 0,4-1 м друг к другу, кровлю и бока перетягивают металлическими решетчатыми или деревянными затяжками. Для повышения устойчивости крепи между соседними рамами ставят деревянные распорки у кровли.

#### 4. КОНСТРУКЦИИ КРЕПИ МОНОЛИТНЫХ БЕТОННЫХ И СПЛОШНЫХ СБОРНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КРЕПЕЙ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ И НАКЛОННЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

Монолитная бетонная крепь представляет собой в поперечном сечении выработки бетонную конструкцию, внутренний контур которой соответствует проектной форме сечения выработки, а внешний в точности повторяет породный контур выработки в проходке. Её применяют в основном для крепления капитальных горных выработок (подземных сооружений) с большим сроком службы и находящихся в зоне влияния очистных работ.

Основными конструкциями монолитной бетонной крепи являются (рис. 4.1):

- бетонная крепь с вертикальными стенами и сводчатыми перекрытием,
- бетонная крепь с вертикальными стенами, сводчатым перекрытием и обратным сводом,
- бетонная арочная крепь с обратным сводом;
- бетонная цилиндрическая крепь.

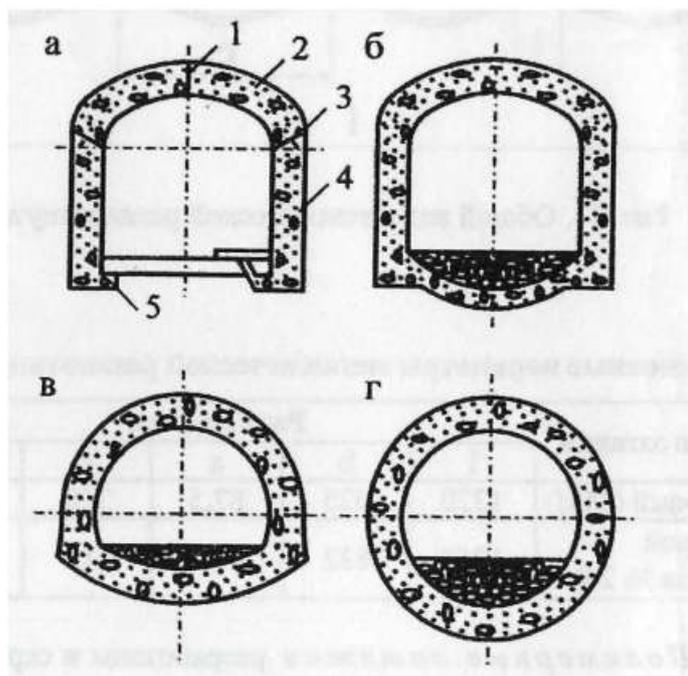


Рис.4.1. Монолитные бетонные крепи

Конструкцию монолитной крепи принимают в зависимости от прочности вмещающих пород и горного давления на выработку.

Бетонная крепь долговечна, огнестойка, имеет довольно высокую прочность, малое аэродинамическое сопротивление, практически водонепроницаема, плотно прилегает к боковым породам. Кроме того, её возведение можно полностью механизировать, что резко повышает производительность труда и снижает трудоёмкость и стоимость работ. К недостаткам бетонной крепи относят невозможность восприятия нагрузки сразу же после возведения, неудовлетворительную работу при неравномерных нагрузках и отсутствие податливости. Крепь жесткая, поэтому она не применима в зонах влияния очистных работ.

Железобетонная гладкостенная тубинговая крепь ГТК конструкции «КузНИИ шахтостроя» имеет арочную незамкнутую (рис. 4.2, а), кольцевую (рис. 4.2, б) и арочную замкнутую (рис. 4.2, в) формы. Крепь многос шарнирная с ограниченной податливостью. Податливость достигается обжатием стыков между тубингами в кольце крепи и забутовочным слоем. Податливая забутовка выполняется из бумажных мешков, заполненных котельным шламом, пенобетоном или породной мелочью. В зависимости от площади сечения выработки применяют от 5 до 7 тубингов.

Тубинг (рис. 4.2, г) представляет собой железобетонный цилиндрический элемент, состоящий из плиты, ограниченной по краям ребрами. Тубинги скрепляют между собой болтами через предусмотренные в них закладные проушины.

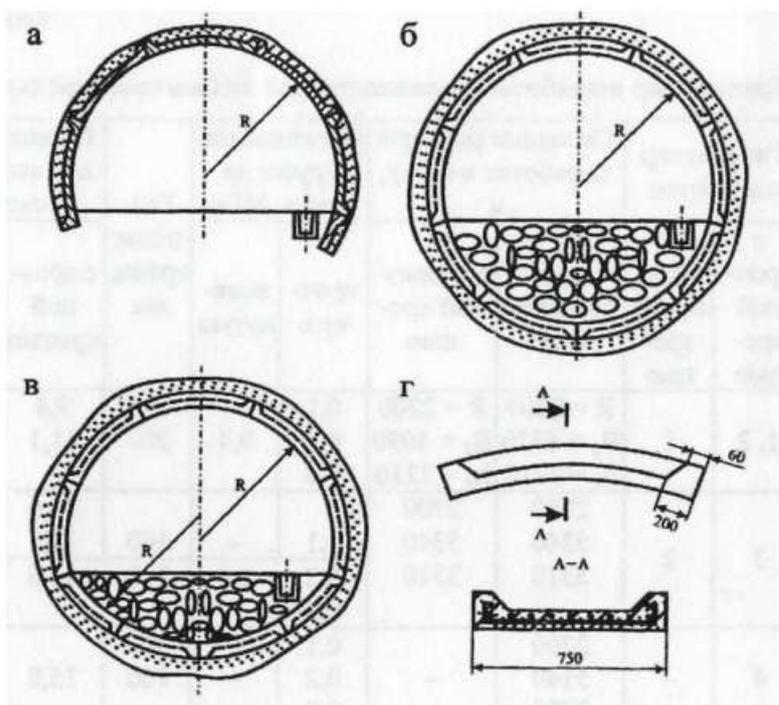


Рис. 4.2. Железобетонная гладкостенная тубинговая крепь ГТК

Крепль ГТК предназначена для крепления капитальных горизонтальных и наклонных (до  $25^\circ$ ) горных выработок, проводимых вне зоны влияния очистных работ в породах средней устойчивости и неустойчивых. Широкое распространение она получила на шахтах Кузбасса для крепления полевых штреков, квершлагов и других выработок. Применение крепи ГТК обеспечивает по сравнению с монолитной бетонной крепью резкое снижение материальных и трудовых затрат.

Блочная бетонная крепь конструкции «Донгипрошахта» бывает с замкнутым БКЗ (рис. 4.3, а) и незамкнутым – БКА (рис. 4.3, б) контуром и предназначена для капитальных горных выработок, сооружаемых в неустойчивых породах средней устойчивости при отсутствии пучения пород почвы (БКА).

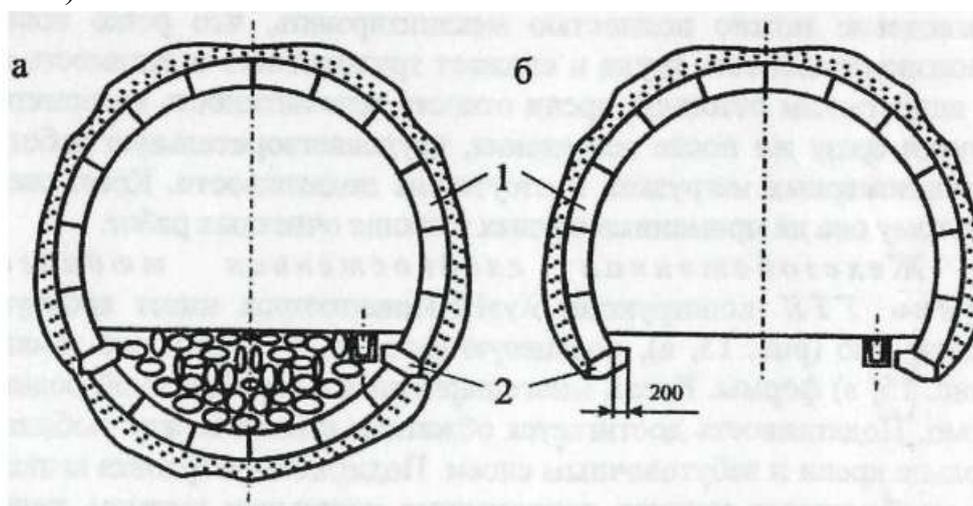


Рис. 4.3. Блочная бетонная крепь

## 5. КОНСТРУКЦИИ АНКЕРНОЙ КРЕПИ

Анкерная крепь представляет собой стержни, закрепляемые различными способами в скважинах (шпурах), пробуренных в определенном порядке в породах по контуру выработки.

В отличие от других видов крепи анкерная крепь (система анкеров) армирует породный массив в зоне, непосредственно примыкающей к выработке, и, используя несущую способность приконтурных пород, создает систему «крепь-порода».

С помощью анкеров скрепляют отдельные слои и толщи пород и обеспечивают их совместную работу без опасных деформаций и обрушений. Когда непосредственная кровля выработки представляет собой слоистые породы небольшой мощности, а основная кровля – породы средней и значительной прочности, непосредственную кровлю «подшивают» анкерами к основной кровле. Непосредственную кровлю в виде отдельных слоев

породы также «сшивают» анкерами в одну плиту, которая способна воспринимать нагрузки вышележащих пород. Таким образом, анкерная крепь обеспечивает возможность максимально использовать несущую способность пород вокруг горных выработок.

В отечественной и зарубежной горной практике известно более 600 различных конструкций металлических, деревянных, железобетонных, полимерных, бамбуковых, канатных и других анкеров.

По принципу закрепления в скважине все конструкции анкеров подразделяют на две основные группы:

- замковые, закрепляемые в донной части скважины с помощью различных механических замков;
- беззамковые, имеющие контакт с породой по всей длине скважины или части скважины, т.е. закрепляемые по всей длине скважины или части её цементным раствором, смолами и другими вяжущими материалами.

Замковые анкера подразделяют на клинощелевые, распорные (с винтовым или полимерным замком) и безраспорные. Наибольшее распространение получили металлические анкера с распорным замком.

Для обеспечения совместной работы скрепляемых пород анкера устанавливают с натяжением, обычно 30 – 40 кН.

В зависимости от конструкции и условий закрепления в шпурах различают анкера с жесткой и податливой рабочими характеристиками. Анкера, закрепляемые по всей длине шпура (винтовые, железобетонные, сталеполимерные), а также анкера с винтовыми и полимерными замками, имеют жесткую характеристику, т.е. при возрастании нагрузки на анкер смещаются замки незначительно. Натяжные анкера (клиновидные, распорные) имеют податливую рабочую характеристику.

Металлический клинощелевой анкер (рис. 5.1) состоит из стального стержня (штанги) 3 диаметром 23 – 25 мм, опорной плитки (шайбы) 4 и натяжной гайки 5. На замковом конце стержня по диаметру дают щель 2 шириной 2 – 4 мм и длиной 120 – 180 мм и толщиной 25 – 35 мм. Щелевой конец штанги и клин составляют замок анкера.

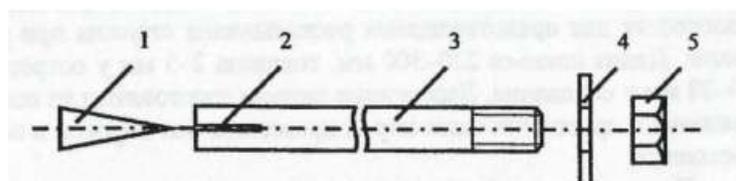


Рис. 5.1. Конструкция металлического клинощелевого анкера

Под прочностью закрепления анкера понимается максимальная сила, способная выдернуть его из шпура. Прочность закрепления металлических клинощелевых анкеров в породах с  $f = 5-8$  составляет обычно 100–140 кН.

Деревянный клинощелевой анкер (рис. 5.2) представляет собой круглый стержень 2 диаметром 40–60 мм с продольными щелями по диаметру на обоих концах для размещения в них клиньев 1 и 3. Щели прорезают шириной не более 5 мм во взаимно перпендикулярных плоскостях для предотвращения раскалывания стержня при расклинивании. Длина клиньев 220–300 мм, толщина 2–3 мм у острого конца и 20–28 мм у основания. Деревянные анкеры изготовляют из сосны, лиственницы и других прочных пород древесины без пороков в воздушном состоянии. Прочность закрепления деревянных анкеров в угольных и породных массивах составляет 8–15 кН. Деревянные анкеры применяют в основном в пластовых выработках со сроком службы не более 1,5 лет. Довольно широко их используют для крепления ходовых печей, просеков, скатов и укрепления боков подэтажных штреков по мощным крутым пластам на шахтах Прокопьевско-Киселёвского района в Кузбассе.

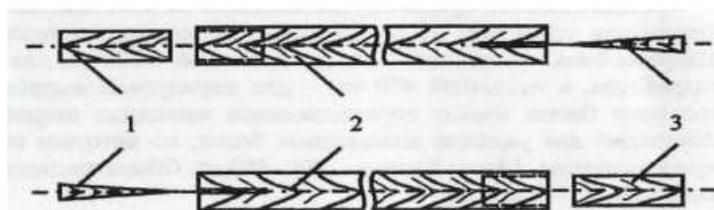


Рис. 5.2. Конструкция деревянного клинощелевого анкера

Металлический распорный анкер состоит из круглой стальной штанги (стержня) диаметром 16–22 мм со специальной распорной головкой конусного или клинового типа, опорной плитки или натяжной гайки. Такие анкеры называют соответственно распорно-конусными и распорно-клиновыми (клинораспорными).

Металлический клинораспорный анкер ШК-1М (рис. 5.3) конструкции ВНИИ гидроуголь состоит из стальной штанги 3 диаметром 20 мм, на одном конце которой выштампована клинораспорная головка 1, на другом – нарезана резьба, двух полумуфт 2 с рифлениями (ребрами) на наружной стороне, опорной плитки 4 и натяжной гайки 5. Полумуфты с внутренней стороны имеют сужающийся канал, что позволяет фиксировать их на клинораспорной головке штанги в процессе установки.

Анкер ШК-1М устанавливают в скважине с применением установочной трубы. Перед установкой анкера полумуфты накладывают на распорную головку штанги. Затем на штангу надевают установочную трубу и вместе с ней анкер вводят в скважину и прижимают к её донной части. Ударами по

выступающему из скважины концу установочной трубы полумуфты перемещают вверх. При этом они раздвигаются и внедряются в стенки скважины. После извлечения установочной трубы из скважины ставят опорную плитку и затягивают гайку.

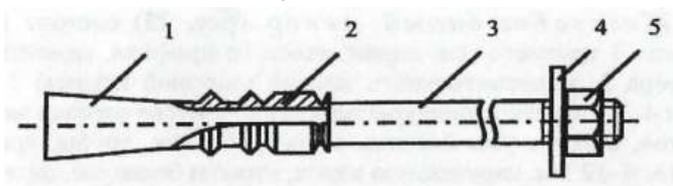


Рис. 5.3. Конструкция металлического клинораспорного анкера ШК-1М

Металлический клинораспорный анкер АК-8у (рис. 5.4) конструкции КузНИУИ состоит из штанги диаметром 20 мм, клинораспорной головки, двух полумуфт, опорной плитки и гайки. На наружной стороне полумуфт имеется пять рифлений – выступов треугольной формы ( у анкеров ШК-1М – два выступа), на – сужающийся канал, как и у анкера ШК-1М. Полумуфты изготавливают штамповкой.

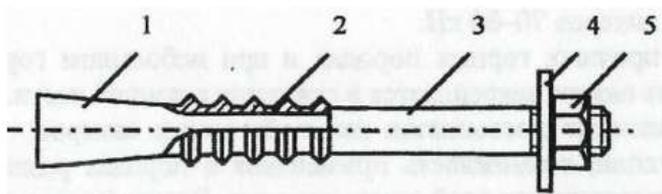


Рис. 5.4. Конструкция металлического клинораспорного анкера АК-8у

В последние годы КузНИУИ разработан и изготавливается серийно металлический клинораспорный анкер АКМ диаметром штанги 16 мм. Конструкция этого анкера такая же, как и анкера АК-8у. Анкеры АК-8у и АКМ устанавливают в скважине с помощью установочной трубы таким же образом, как и анкер ШК-1М.

Анкеры ШК-1М, АК-8у и АКМ широко применяют на шахтах Кузбасса для крепления капитальных и подготовительных выработок, расположенных как вне зоны, так и в зоне влияния очистных работ.

Металлический клинораспорный анкер с двухперой гильзой (рис. 5.5) состоит из стальной штанги 3 диаметром 20 мм, на одном конце которой выштампована клинораспорная головка 1, на другом – нарезана резьба, двухперой гильзы 2, опорной плитки 4 и натяжной гайки 5.

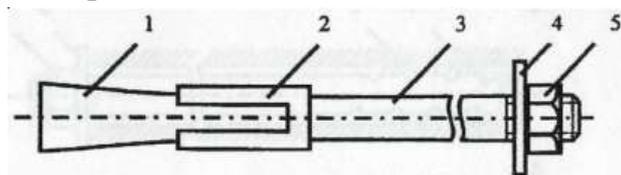


Рис. 5.5. Конструкция металлического клинораспорного анкера с двухперой гильзой

К группе беззамковых относятся сталеполимерные, железобетонные, винтовые, полимерные и другие анкеры.

Сталеполимерный анкер состоит из штанги 1 (рис. 5.6), опорной плитки 3, натяжной гайки 4 и заполнителя 2 из быстротвердеющих смесей на основе синтетических смол или цементов (преимущественно смол).

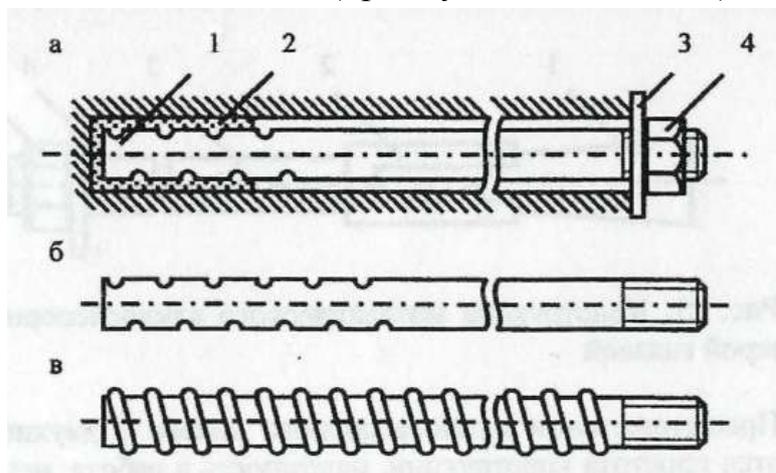


Рис. 5.6. Конструкция сталеполимерного анкера: а – анкер, установленный в скважине; б – общий вид отечественного анкера; в – общий вид английского анкера

Для закрепления анкера применяют ампулы с двумя отделениями, из которых в одном заполнитель со связующим веществом, в другом – отвердитель. При установке анкера одну-две ампулы вводят в скважину и досылают до забоя штангой 1 (рис. 5.6).

При вращении штанги ампулы разрушаются, смесь заполнителя со связующим материалом перемешивается с отвердителем и закрепляет анкер.

Железобетонный анкер (рис. 5.7) состоит из стального стержня 1 круглого или периодического профиля, цементно-песчаного раствора 2, уплотнительного кольца (опорной плитки) 3 и натяжной гайки 4. В качестве арматуры используют также отрезки металлических канатов, обычно уже бывших в употреблении, трубы, проволоку диаметром 6-12 мм, скрученную вдвое, втрое и более раз, стальные полосы и др. Для ускорения твердения цементно-песчаного раствора обычно добавляют ускорители твердения (хлористый кальций и др.). Цементно-песчаный раствор подают в скважину при помощи насосов, ручных шприцев или в ампулах.

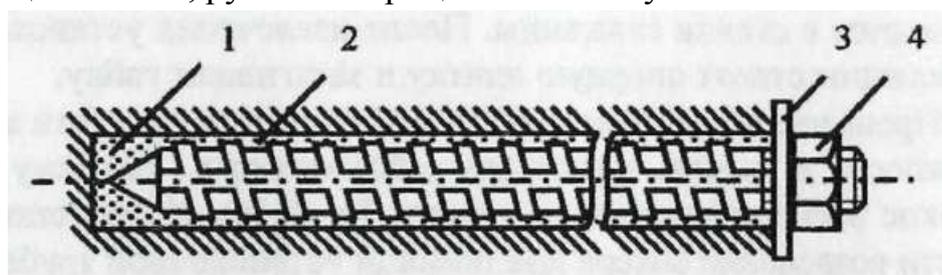


Рис. 5.7. Конструкция железобетонного анкера

Железобетонные анкеры по способу установки разделяют на забивные, арматурные стержни, которых забивают в скважины после нагнетания закрепляющего раствора, и на инъектируемые, когда раствор нагнетают (впрыскивают) в скважину после установки арматуры. Натяжение анкера производят после отверждения закрепляющих растворов обычно через 3–5 ч после установки. Несущая способность железобетонных анкеров 70–80 кН.

Винтовой анкер (рис. 5.8) представляет собой штангу из специального профиля с резьбой, имеющую наружный диаметр на 2-3 мм больше, чем диаметр скважины.

Завинчивание анкера в скважину производится бурильной машиной, при этом резьба внедряется в стенки скважины на 2-3 мм, обеспечивая закрепление анкера по всей длине. Прочность закрепления винтовых анкеров в скважине составляет 90-120 кН и более.

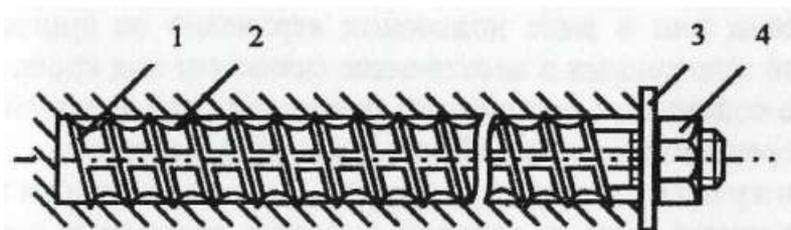


Рис. 5.8. Конструкция винтового анкера

Винтовые анкера испытаны и применялись в последние годы в небольших объемах на отдельных шахтах в Ленинск-Кузнецком и Прокопьевском районах Кузбасса.

Для некоторых горнотехнических условий требуется анкерная крепь, материал которой не вызывал бы сопротивления режущему инструменту исполнительного органа выемочных или проходческих машин и которая по несущей способности не уступала бы металлической и железобетонной крепи. Этим требованиям в большей мере удовлетворяют анкеры, изготовленные из стеклопластика. Стеклопластики представляют собой композиционные материалы, основой которых является соединенных воедино стекловолоконный наполнитель и синтетическое связующее. Наибольшей прочностью на растяжение обладают стеклопластики с предельно ориентированными стеклонитями за счет одновременной работы почти всех

волокон на растяжение без их переплетения. Волокна по прочности на разрыв более чем в два раза превышают прочность стали. Кроме того, стеклопластики обладают высокой водостойкостью и низкими деформациями. Стеклопластиковые стержни изготавливаются серийно на

высокопроизводительных отечественных установках, технология изготовления их достаточно проста.

Полимерный анкер конструкции ИГД им. А.А. Скочинского (рис. 5.9) состоит из стеклопластиковой штанги (стержня) диаметром 18-20 мм, металлической хвостовой втулки 2 длиной 250 мм, изготавливаемой из цельнотянутой трубы с необработанной внутренней поверхностью, опорной плитки 3, натяжной гайки 4, уплотнительного кольца 5, ампулы с закрепителем. Для более равномерного распределения связующих веществ ампул по всей длине закрепляемой части штанги и увеличения силы сцепления на нее надевают пружину 7 из стали диаметром 2 мм.

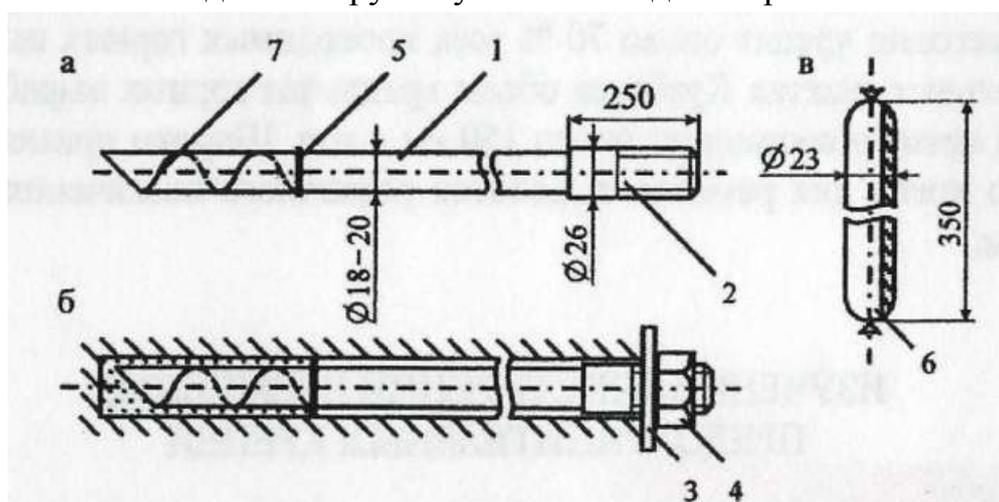


Рис. 5.9. Конструкция полимерного анкера: а – общий вид анкера; б – анкер, установленный в скважине; в – ампула

Ампулы изготавливают из полиэтиленовой пленки, стекла, бумаги и других разрушающихся материалов.

Компоненты ампул обладают способностью быстрого отверждения при перемешивании в течение 5-7 с и обеспечивают высокую прочность закрепления штанг анкеров в скважинах при их установке как в породном, так и в угольном массиве независимо от материала штанг.

В Кузбассе ампулы из полиэтиленовой пленки изготавливаются длиной 365 мм, наружным диаметром 35 мм, с двумя отделениями. В одном отделении помещаются смола и инертный наполнитель, а в другом – отвердитель. Применяются ампулы различного состава. Так, ВНИИгидроуголь рекомендует состав компонентов брать в следующих соотношениях: фенолформальдегидная смола – 100; наполнитель – 50-200; отвердитель – 10-30. В качестве наполнителя используется сухой песок с содержанием глинистых включений не более 10%. Отвердитель состоит из двух компонентов – бензол – сульфокислоты (28,5 %) и ортофосфорной кислоты

(71,5 %). Полимерные анкеры устанавливают в скважинах таким же образом, как сталеполимерные анкеры.

Анкерная крепь является одним из наиболее прогрессивных и эффективных видов крепей горных выработок. Поэтому её довольно широко применяют на рудных и угольных шахтах нашей страны и за рубежом. Так, на ряде рудных и угольных шахт РФ и бывших стран СНГ анкерной крепью ежегодно крепят около 70 % всех проводимых горных выработок. На угольных шахтах Кузбасса объем крепления горных выработок анкерной крепью составляет около 150 км в год. Широко применяют анкерную крепь для ремонта выработок различного назначения и срока службы.

## 6. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ РАСЧЕТА КРЕПИ

Методика расчета анкерной и арочной крепи приведены в практикуме [2].

### **Контрольные вопросы:**

1. Срок службы деревянной крепи и способы его продления.
2. Способы защиты металлических крепежных материалов от коррозии.
3. Типы профилей для изготовления металлических рамных крепей горных выработок.
4. Что понимают под вяжущими веществами, бетонным раствором, бетоном и железобетоном?
5. На какие виды подразделяется арматура железобетонной крепи горных выработок? Каковы конструктивные особенности и назначение каждого вида арматуры?
6. Что представляют собой полимерные крепежные материалы для изготовления горной крепи: углепласт; стеклопластики; полимербетон
7. Перечислите достоинства и недостатки, условия и область целесообразного применения монолитных бетонных крепей.
8. В чем заключается принцип работы анкерной крепи?
9. Перечислите, на какие группы делятся анкера по материалу, из которого они изготовлены, и по принципу закрепления в скважине.
10. Что представляет собой конструкция смешанной крепи из деревянных стоек и металлического верхняка и каковы ее достоинства?
11. К какой группе анкеров по принципу закрепления в скважине относится сталеполимерный анкер? Какова его конструкция и порядок установки в скважине?
12. Назначение полимерного анкера. Материалы для его изготовления и их достоинства. Порядок установки в скважине.

## Практическое занятие №4

**Тема:** Способы разрушения горных пород.

**Цель занятия:** Изучить способы разрушения горных пород.

Горные породы, по которым проводятся горные выработки, характеризуются множеством различных физических и горно-технологических свойств, оказывающих существенное влияние на выбор технологии проведения выработок и конкретные параметры выбранной технологии. Это такие свойства как:

- крепость – способность породы сопротивляться разрушению;
- прочность на сжатие и растяжение – способность сопротивляться внешним сжимающим и растягивающим усилиям;
- абразивность – способность изнашивать соприкасающиеся с породой поверхности инструментов, машин;
- пористость – объём пустот, содержащихся в породе;
- упругость – способность породы изменять свою форму под действием приложенной нагрузки и восстанавливать первоначальную форму после снятия нагрузки;
- вязкость – сопротивление породы силам, стремящимся разъединить частицы;
- влажность – масса воды, содержащаяся в породе.

На практике, учитывая названные свойства горных пород, а также форму поперечного сечения, размеры и положение в пространстве, существуют следующие способы проведения горных выработок: 1 – с помощью ручных инструментов; 2 – гидравлический; 3 – комбайновый; 4 – буровзрывной; 5 – комбинированный.

В принципе каждый способ включает в себя основные и вспомогательные процессы, которые необходимо выполнять при проведении выработки. К основным процессам относят:

- отбойку горной массы от забоя;
- отгрузку отбитой горной массы из призабойного пространства (погрузку в транспортные средства для дальнейшего перемещения);
- крепление выработки.

Перечень вспомогательных процессов может отличаться в зависимости от принятой технологии. К таким процессам относят, например:

- наращивание конвейера;
- укладка рельсового пути;
- наращивание монорельсового пути;

- проведение водоотливной канавки;
- наращивание трубопроводов и кабельной сети.

При проведении выработок применяют, как правило, так называемую циклическую организацию работ. Она заключается в том, что все процессы периодически повторяются. Выполняется проходческий цикл, при этом выработка удлиняется на некоторую длину. Затем выполняется следующий цикл и т. д.

С помощью ручных инструментов проводятся разведочные выработки небольшой протяжённости, малого сечения по породам с малой крепостью ( $f$  до 1,5), а также выработки малого сечения, в которых нет возможности разместить проходческие машины. Данный способ проведения носит вспомогательный характер и промышленного значения не имеет.

Гидравлический способ проведения (рис. 4.1) основан на отделении угля 3 от массива высоконапорной струёй воды 2, вылетающей из ствола гидромонитора 1. Отбитый уголь транспортируется по желобу 4 отработанным потоком воды к обезвоживающей установке. Управление гидромонитором – дистанционное при помощи пульта 5, для освещения забоя используются фонари 6. Вода к гидромонитору подаётся по трубопроводу 7. За продвижением забоя устанавливается анкерная крепь 8 с решётчатой затяжкой 9.

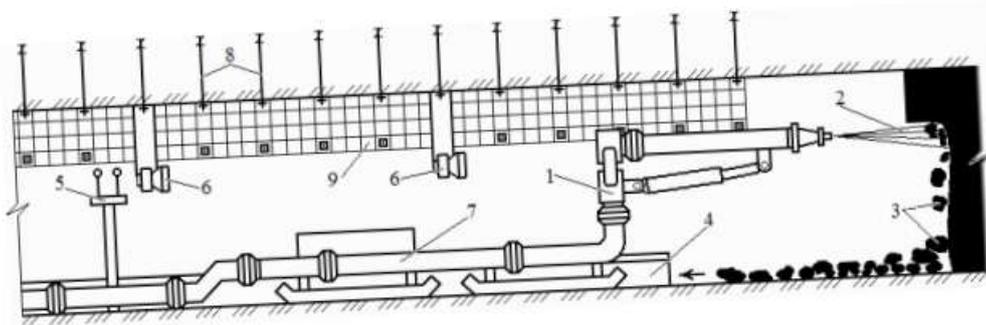


Рис. 4.1. Схема проведения выработки гидравлическим способом

Основным достоинством данного способа является совмещение отбойки и транспортировки. К недостаткам следует отнести ограничение области применения по крепости – до 1,2, невозможность проведения наклонных выработок в направлении сверху вниз, уход выработки от проектной формы и площади сечения, сложное водное хозяйство шахты, смерзаемость извлечённого угля на поверхности зимой, самовозгорание – летом.

Комбайновый способ (рис. 4.2) проведения горизонтальных и наклонных горных выработок по углю или с присечкой боковых пород крепостью до  $f = 6 \div 8$  является основным на угольных шахтах.

Комбайн представляет собой машину на гусеничном ходу, отделяющую породу от массива и производящую погрузку на конвейер, в вагонетки, самоходные вагоны и другие транспортные средства. При комбайновом способе проведения совмещается процесс отбойки и погрузки горной массы. Некоторые современные проходческие комбайны также имеют дополнительное оборудование для механизации крепления (рис. 4.2). Это позволяет достигать высоких показателей скорости проведения и степени механизации работ. Поэтому комбайновый способ является сегодня наиболее производительным.

Отбойка и разрушение угля или породы производится исполнительным органом комбайна. Одновременно с отбойкой производится погрузка горной массы. После того, как произойдет выемка горной массы на определённую величину подвигания (устанавливается паспортом проведения; как правило, не более 2 м), работу комбайна останавливают и производят крепление выработки в пределах её вновь образовавшейся части. Чтобы сократить затраты времени вспомогательные процессы, по мере возможности, выполняют одновременно с основными. Если это невозможно или запрещено нормативными документами, их выполняют периодически, после выполнения основных (например, в специальную ремонтно-подготовительную смену).

Скорость проведения горных выработок комбайном по углю составляет, как правило, несколько сотен метров в месяц. В зависимости от горно-геологических условий и применяемого оборудования на большинстве отечественных угольных шахт значение этого показателя составляет от 300 до 700 м/мес.

Достоинствами комбайнового способа проведения являются:

- возможность совмещения основных производственных процессов;
- высокая степень механизации горных работ;
- возможность селективной (раздельной) выемки угля и породы;
- более точное соблюдение проектных параметров выработки.

Основные недостатки – ограничения применения по крепости пород и по углу наклона проводимых выработок. Следует отметить, что первый недостаток несколько условный.

В настоящее время существуют проходческие комбайны и комплексы, позволяющие осуществлять проведение выработок по довольно крепким породам (до  $f = 10$  и более). Однако их применение на отечественных угольных шахтах по ряду причин незначительное. Одна из причин – экономическая нецелесообразность приобретения такого комбайна. Поэтому проведение выработок в крепких породах на угольных шахтах

осуществляется в основном буровзрывным способом, который рассмотрен далее.

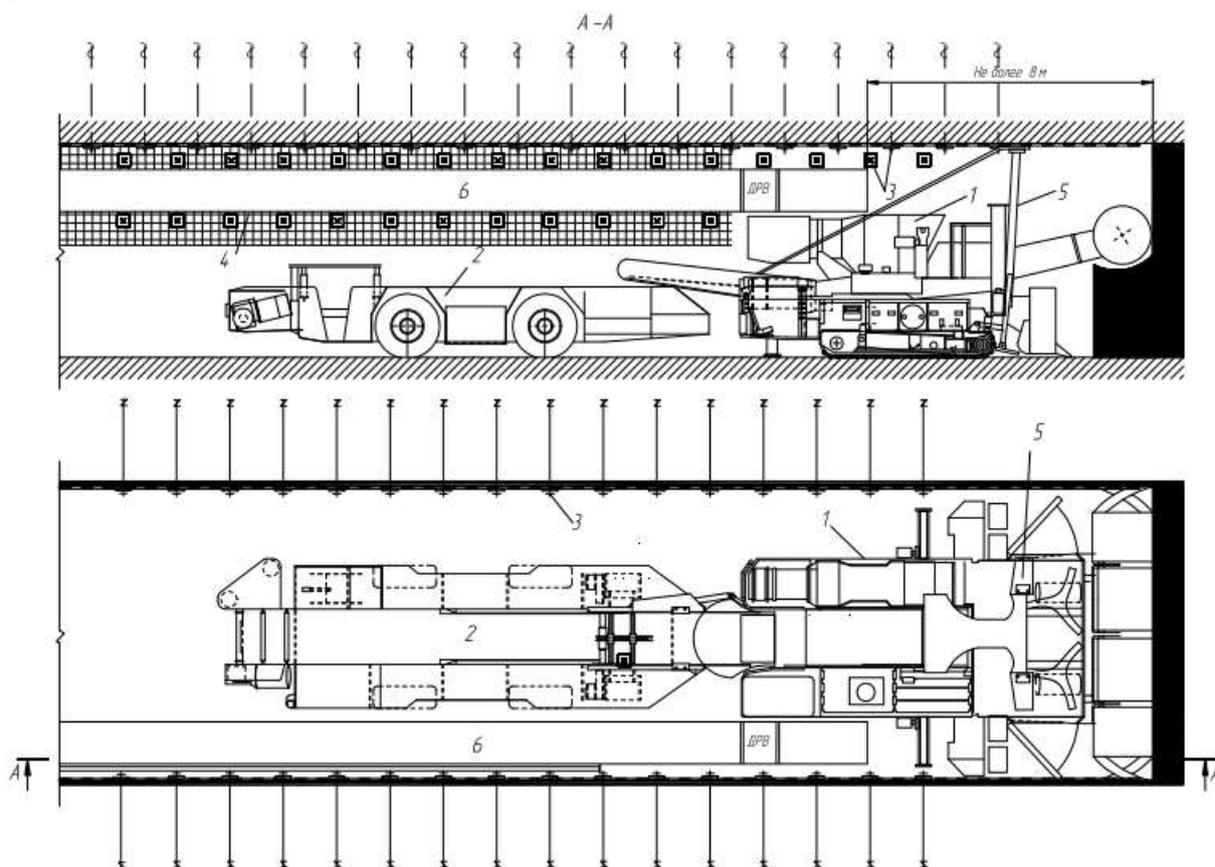


Рис. 4.2. Пример схемы размещения оборудования при проведении выработки комбайновым способом: 1 – проходческий комбайн типа «Continuous miner»; 2 – самоходный вагон; 3 – анкерная крепь (в кровле и боках); 4 – затяжка (металлическая или полимерная сетка); 5 – временная крепь; 6 – вентиляционная труба

Буровзрывной способ проведения выработок основан на отделении породы от массива под воздействием энергии, высвобождающейся при быстром окислении взрывчатого вещества. Буровзрывные работы занимают важное место в горнодобывающей промышленности, т. к. являются самыми эффективными при проведении выработок по породам с крепостью более 8. Это основной способ на рудных шахтах.

Суть буровзрывного способа заключается в отбойке горной массы от забоя с помощью энергии взрыва. Для этого массив пород в пределах забоя обруивают шпурами, реже, скважинами, в которые помещают заряд взрывчатого вещества (рис. 4.3) и с помощью электродетонаторов, капсулей-детонаторов или детонирующего шнура инициируют взрыв.

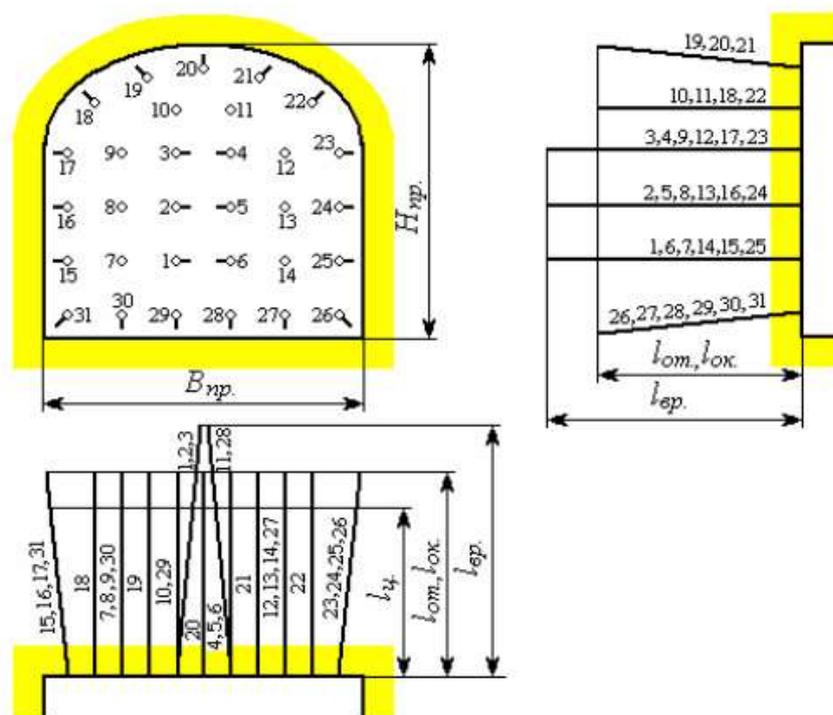


Рис. 4.3. схема расположения шпуров в забое; 1÷6 – врубовые шпурсы; 7÷14 – отбойные шпурсы; 15÷31 – оконтуривающие шпурсы;  $l_{ц}$  – подвигание забоя за цикл;  $l_{от.}, l_{ок.}$  – глубина отбойных и оконтуривающих шпуров;  $l_{вп.}$  – глубина врубовых шпуров;  $B_{вп.}$  – ширина выработки в проходке;  $H_{вп.}$  – высота выработки в проходке

Ниже представлены достоинства и недостатки буровзрывного способа по сравнению с комбайновым.

Достоинства: возможность проведения выработок по породам любой крепости, в любом направлении, под любым углом.

Недостатки:

- применение потенциально опасного способа разрушения массива;
- меньшая скорость проведения;
- большая себестоимость проведения;
- вероятность отклонения контура выработки от проектных параметров;
- нарушение массива вокруг выработки.

К комбинированным способам относят механогидравлический, гидромеханический, взрывогидравлический. Данные способы соответственно сочетают механическое отделение породы от массива и гидротранспорт отбитой породы, гидравлическое отделение породы от массива и механическую транспортировку отбитой породы, взрывную отбойку породы и гидротранспорт отбитой породы. Комбинированные способы проведения выработок сочетают в себе достоинства и недостатки гидравлического, комбайнового и буровзрывного способов.

## **Контрольные вопросы:**

1. Назовите основные свойства горных пород, влияющие на выбор способа проведения горных выработок.
2. Поясните сущность комбайнового способа проведения выработок и изобразите в рабочей тетради его схему.
3. Назовите основные и вспомогательные процессы при проведении выработки.
4. Поясните сущность буровзрывного способа проведения выработок.
5. Какой способ проведения выработок по углю является в настоящее время основным?
6. В чём достоинства комбайнового способа проведения?
7. Какая скорость проведения выработок комбайном считается высокой?
8. Назовите виды шпуров и последовательность их взрывания.

## **Практическое занятие №5**

**Тема:** Средства механизации проведения горных выработок.

**Цель занятия:** Изучение средств механизации производственных процессов при проведении горных выработок.

В зависимости от физико-механических свойств пород и главным образом их прочности строительство горных выработок в указанных условиях осуществляют буровзрывным и комбайновым способами.

Буровзрывной способ включает следующие технологические процессы: бурение шпуров, их зарядание и взрывание зарядов, проветривание выработки, осмотр и приведение забоя в безопасное состояние, погрузку и транспортирование породы, возведение крепи, настилку рельсового пути, монтаж труб вентиляции, сжатого воздуха и водоотлива, устройство водоотводной канавки и др.

Для бурения шпуров в однородной крепкой породе применяются, как правило, бурильные установки, которые классифицируются по следующим признакам:

а) по принципу действия:

- вращательного действия ( $f = 8-10$ ); например, УБШ-215 имеет 1 манипулятор: УБШ (установка бурильная шахтная),  $f \leq 10$ ;
- УБШ-315 2 манипулятора (колёсно-рельсовый ход),  $f \leq 10$ , гусеничный ход.

- вращательно-ударного действия ( $f = 6-14$ ); УБШ-215;  $f = 4-16$ ; УБШ-214У; УБШ-2МА – с одним манипулятором (пневно-гидравлический привод).
- ударно-поворотного действия ( $f = 14$ ); типа СБКНС.
- б) по количеству манипуляторов: 1; 2;
- в) по виду энергии: электрические, пневматические, электрогидравлические;
- г) по типу ходовой части: колёсно-рельсовый ход и гусеничный ход; пневмоход.

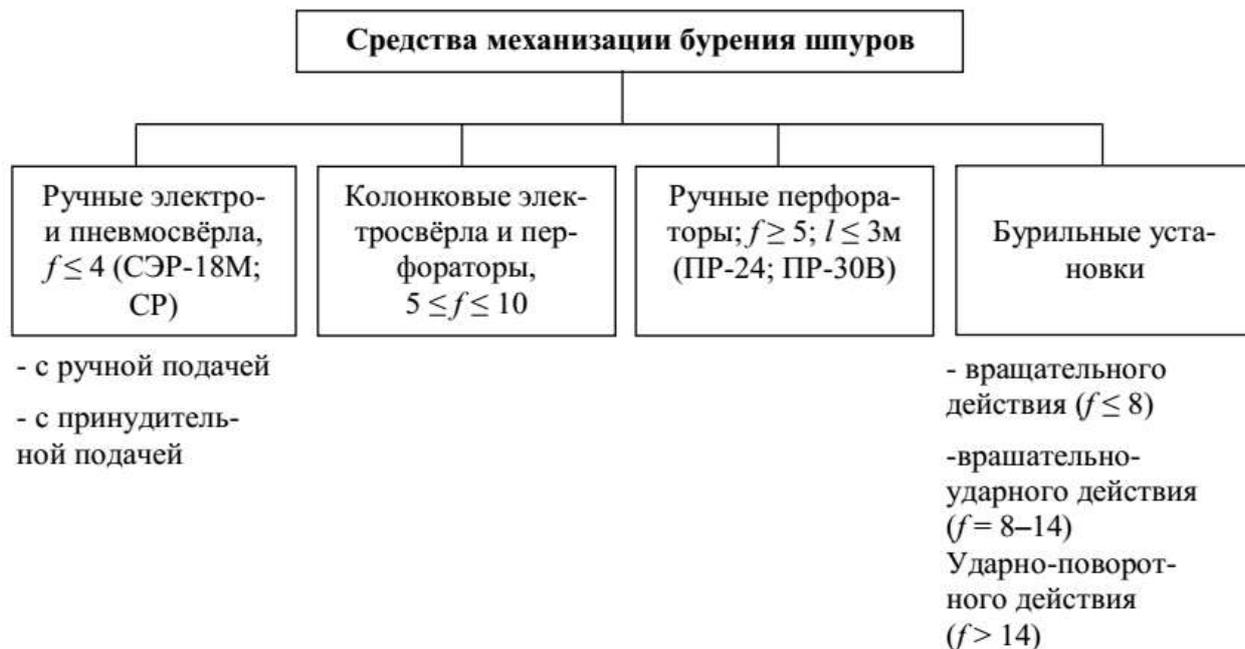


Рисунок 5.1 – Средства механизации бурения шпуров

Сверло пневматическое СП-8 (рисунок 5.2) предназначено для бурения анкерных и крепежных, разведочных, нагнетательных и взрывных скважин в угле и подобной породе.



Рисунок 5.2 – Сверло пневматическое СП-8

## Основные технические данные СП-8

Давление, МПа 0,4

Мощность двигателя, кВт 3,5

Частота вращения шпинделя, мин<sup>-1</sup> 900

Расход воздуха, м<sup>3</sup>/мин 4,0

Габариты, мм 386 300 280

Масса, кг 10,3

Пневматический перфоратор ССПБ-1К (рисунок 5.3) предназначен для бурения шпуров диаметром до 46 мм глубиной до 5 м и диаметром до 36 мм глубиной до 9 м в горных породах и других материалах, крепостью  $f < 20$  ед. по шкале проф. М. М. Протодяконова.



Рисунок 5.3. Пневматический перфоратор ССПБ-1К

Пневматический перфоратор ССПБ-1К применяется с универсальной бурильной установкой УБТУ-1, пневмоподдержками типа ПП, распорными колонками УПБ, ЛКР-Т, манипуляторами различных типов и может исполняться в модификациях: с промывкой водой, усиленной продувкой. Технические характеристики перфоратора ССПБ-1К приведены в таблице 5.1

Основные технические характеристики перфоратора ССПБ-1К Таблица 5.1

Наименование характеристики	ССПБ-1К
Номинальное рабочее давление сжатого воздуха МПа (атм)	0,5(5)
Энергия удара, Дж, не менее	63
Частота ударов, с <sup>-1</sup> (мин <sup>-1</sup> ), не менее	32(1920)
Тип вращателя	планетарный, независимый
Крутящий момент, Нм, не менее	30
Удельный расход воздуха, м <sup>3</sup> /с кВт (м <sup>3</sup> /мин), (при $P = 0,5$ МПа), не более	0,029 (4,47)
Масса, кг, не более	31,5
Длина, мм	750
Размер буксы под буровую штангу, мм	по желанию заказчика – 25 или 22

Установка бурильная шахтная УБШ-210А (рисунок 5.4) на гусеничном ходу с одной бурильной машиной вращательного действия с электрической бурильной головкой предназначена для бурения шпуров в сланцевых и угольных шахтах, в том числе опасных по газу и пыли. Применение установки на пластах, опасных по внезапным выбросам, запрещается.



Рисунок 5.4. Бурильная установка УБШ-210А

Установка УБШ-210А имеет два исполнения: УБШ-210А для бурения шпуров по забою в камерах и лавах сланцевых шахт по породам крепостью  $f = 2-4$  и УБШ-210А-02 для бурения шпуров при проведении горизонтальных и наклонных до  $\pm 10^\circ$  подготовительных выработок в угольных шахтах по породам крепостью до  $f < 8$ .

Установка бурильная шахтная УБШ 252 (рисунок 5.5) с одной бурильной машиной вращательного или универсального действия, с электрическими или пневмогидравлическими головками предназначена для бурения шпуров и выбуривания угля при проведении горизонтальных горных выработок сечением от 6 до 12 м<sup>2</sup> в свету в шахтах, в том числе опасных по газу и пыли.

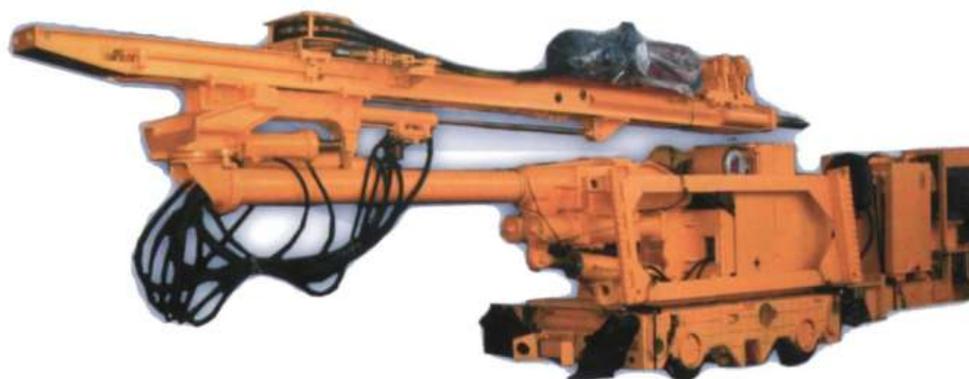


Рисунок 5.5. Общий вид бурильной установки УБШ 252

Преимущественная область применения: выработки, проводимые с помощью рельсового транспорта. УБШ 252 оборудована боковой перекатной платформой для освобождения подъездного пути.

Установка бурильная шахтная УБШ 313А (рисунок 5.6) с двумя бурильными машинами вращательного или универсального действия, с электрическими или пневмогидравлическими бурильными головками и гусеничной ходовой частью. УБШ 313А предназначена для бурения шпуров при проведении горизонтальных и наклонных (до  $\pm 10^\circ$ ) горных выработок сечением от 12,8 до 20 м<sup>2</sup> в свету в шахтах, включая опасные по газу и пыли.

Преимущественная область применения: выработки, проводимые с помощью безрельсовых погрузочных машин и безрельсового транспорта.



Рисунок 5.6. Бурильная установка УБШ 313А

При строительстве горизонтальных выработок буровзрывным способом (БВС) уровень механизации погрузки породы (породы, руды, угля) составляет 95–98 . При этом затраты труда и времени достигают 30–35 % от общего цикла работ.

Погрузку взорванной породы производят погрузочными машинами и скреперными установками. В отечественной практике наибольшее распространение получили следующие типы погрузочных машин:

- ковшовые машины периодического действия с прямой и ступенчатой погрузкой типа ППН (П – погрузочная, П – периодического действия, Н – с нижним захватом);
- машины непрерывного действия с рабочим органом «загребающие лапы» и ступенчатой погрузкой типа ПНБ (П – погрузочная, Н – непрерывного действия, Б – с боковым захватом).

В угольной промышленности ковшовые погрузочные машины составляют 45–50 %, а в горнорудной – 60–65 % от общего объема механизированной погрузки.

Классификация погрузочных машин приведена на рисунке 5.7.

Основными достоинствами ковшовых погрузочных машин являются: маневренность (относительная); простота конструкции; обеспечение хорошей зачистки почвы выработки; возможность погрузки породы любой крепости.

К недостаткам ковшовых машин можно отнести: ограниченный фронт погрузки; периодическое действие; невысокая производительность; большая разгрузочная высота.

Основными достоинствами погрузочных машин непрерывного действия являются: высокая производительность и маневренность; непрерывность погрузки; малая высота разгрузки.

Недостатки машин непрерывного действия: более сложная конструкция; ограниченная область применения (по крепости); высокая стоимость.

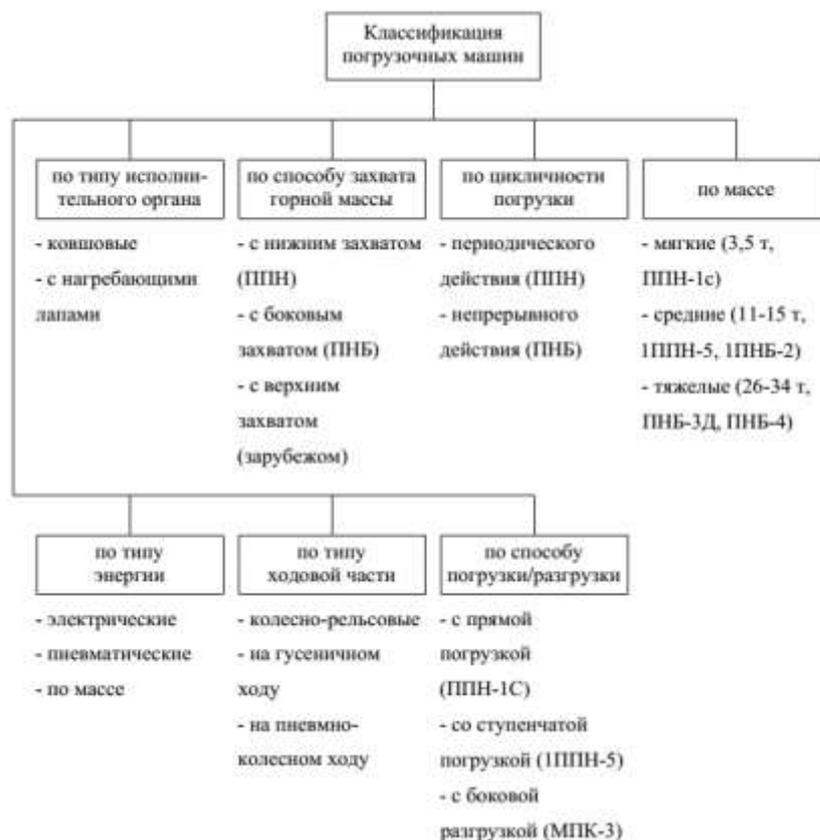


Рисунок 5.7. Классификация погрузочных машин

К факторам, влияющим на выбор погрузочных машин относятся: размеры поперечного сечения горной выработки; крепость горных пород; вид энергии; наличие (отсутствие) рельсовых путей; протяженность горной выработки.



Рисунок 5.8. Погрузочная машина 1ППН-5 ковшового типа



Рисунок 5.9 Общий вид погрузочной машины непрерывного действия с рабочим органом «загребающие лапы»



Рисунок 5.10 Общий вид погрузочной машины 1ПНБ2

**Контрольные вопросы:**

1. По каким признакам классифицируются средства механизации бурения шпуров?
2. Какие средства механизации бурения шпуров вы знаете?
3. По каким признакам классифицируются средства механизации погрузки горной массы?
4. Какие средства механизации погрузки горной массы вы знаете?
5. Перечислите факторы, влияющие на выбор погрузочных машин.

## Практическое занятие №6

**Тема:** Организация работ в проходческом забое.

**Цель занятия:** Изучить основные и вспомогательные процессы при проведении горной выработки.

На практике, учитывая названные свойства горных пород, а также форму поперечного сечения, размеры и положение в пространстве, существуют следующие способы проведения горных выработок: 1 – с помощью ручных инструментов; 2 – гидравлический; 3 – комбайновый; 4 – буровзрывной; 5 – комбинированный.

В принципе каждый способ включает в себя основные и вспомогательные процессы, которые необходимо выполнять при проведении выработки. К основным процессам относят:

- отбойку горной массы от забоя;
- отгрузку отбитой горной массы из призабойного пространства (погрузку в транспортные средства для дальнейшего перемещения);
- крепление выработки.

Перечень вспомогательных процессов может отличаться в зависимости от принятой технологии. К таким процессам относят, например:

- наращивание конвейера;
- укладка рельсового пути;
- наращивание монорельсового пути;
- проведение водоотливной канавки;
- наращивание трубопроводов и кабельной сети.

При проведении выработок применяют, как правило, так называемую циклическую организацию работ. Она заключается в том, что все процессы периодически повторяются. Выполняется проходческий цикл, при этом выработка удлиняется на некоторую длину. Затем выполняется следующий цикл и т. д.

### **6.1 Технологические схемы проведения выработок комбайном (пример проведения бремсберга).**

Исходя из того, что бремсберг предусматривается проводить по углю и породе, принимаем комбайновый способ проходки, так как он удовлетворяет следующим условиям:

- крепость пород  $f = 5$ ;
- сечение выработки  $S_{св.пр} = 14,7 \text{ м}^2$ .

Работа в забое начинается с осмотра и подготовки рабочего места. На комбайне проверяют исправность предупредительной звуковой сигнализации, исправность блокировки рабочего органа, исправность работы АКВ и датчиков АТЗ, отставание вентиляционных труб от забоя, исправность работы конвейера.

Выемка угля комбайном производится на 0,4 м. на всё сечение выработки, затем комбайн продвигается ещё на 0,4 м. Выемка производится до 0,8 м. Выемка угля в забое производится снизу вверх. Затем отрабатывается присечка пустой породы.

После окончания выемки и погрузки угля из забоя, рабочий орган зарубается по центру на 0,4 м., комбайн выключается и проходчики приступают к креплению забоя. Делают приямки, устанавливают стойки. На рабочий орган ложится полог и с него ставится верхняк, рама расклинивается и затем происходит перетяжка кровли и бортов выработки.

Дополнительными процессами являются: наращивание вентиляционных труб, наращивание конвейера, доставка крепежных материалов.

Величина подвигания забоя за цикл - 0,8 метра, так как величину подвигания следует принимать равной или кратной шагу установки крепи.

Для данных условий принимаем следующую технологическую схему: проходческий комбайн 1ГПКС-02, ленточный перегружатель КЛП1, ленточный конвейер 2ПТ120.

### 6.1.1 Разработка графика организации работ.

Принимаем скользящий режим работы с продолжительностью смены 6 часов.

Число рабочих дней в месяц - 30

Число рабочих смен в сутки - 3

Число подготовительных смен в сутки - 1

Расчёт трудоёмкости работ

Таблица 6.1

Наименование работ	Коэф. усл.	Ед. измерения	Объём работ на смену	Норма времени		Трудоёмкость,
				Норм	У стан.	
Выемка горной массы	0,81	м	2,4	1,7	1,7	1,4
Крепление выработки	0,81	ряд	4	1,9	1,9	2,1
Итого						3,5

Принимаем число проходчиков 3 человека в смену.

График выходов рабочих

Таблица 6.2

Профессия	всего	выхода				1	2	3	4
		по сменам							
		1	2	3	4				
МГВМ 6 р.	4	1	1	1	1	-----	-----	-----	-----
Проходчик 5р.	12	3	3	3	3	-----	-----	-----	-----
Горнорабочий	8	2	2	2	2	-----	-----	-----	-----
Деж. Эл. слес.	3	-	1	1	1	-	-	-	--
Эл. слес. ППР	2	2	-	-	-	-----	-----	-----	-----

### 6.1.2 Определение продолжительности проходческого цикла.

$$t_i = t_{CM} \cdot V_i / N_{np} \cdot H_{yi}$$

где:

$t_{CM}$  - продолжительность смены, мин.;

$V_i$  - объем на цикл;

$N_{np}$  — число проходчиков, выполняющих отдельный процесс;

$H_{yi}$  - установочная норма.

Таблица 6.3

### Определение продолжительности проходческого цикла

Наименование процесса	Ед. изм.	Объём на цикл	Норма выработки			Продолжительность процесса мин
			По сборнику	Поправочный коэффициент	Уст.	
1. Выемка комбайном	Мин		14,23	0,769	10,95	20
2. Оборка	Мин	1	37,3	1	37,3	10
3. Установка крепи	Мин	5	16,8	0,94	15,79	25
4. Перенос датчика метана	Мин	1	130	1	130	5
5. Наростка трубопровода	Мин	1	130	1	130	10
6. Зачистка почвы	Мин	1	43,2	0,68	29,38	10
8. Установка рельсовой дороги.	Мин	10	-	-	-	10
9. Наростка противопожарного става 2 раз	Мин	20			-	-
Итого:	Мин					90

График организации работ

Часы \ Виды работ	8	9	10	11	12	13-14
Подготовительные операции	■					
Выемка горной массы комбайном	■	■		■		
Обслуживание конвейеров	■		■		■	
Крепление бремсберга		■		■		■
Навеска вент. трубы						■
Заключительные операции						■

### 6.1.3 Определение скорости проведения выработки

Месячная скорость проведения выработки

$$V_M = n_d l_{ц} n_{ц} n_c$$

Где  $V_M$  - месячная скорость подвигания забоя, м/мес

$n_d$  - число рабочих дней в месяце

$l_{ц}$  - подвигание забоя за цикл, м

$n_{ц}$  - число циклов по проведению выработки в сутки

$n_c$  - число смен по проведению выработки в сутки;

Число циклов в смену определяют исходя из продолжительности цикла:

$$n_{ц} = t_{см} / t_{ц}$$

$$n_{ц} = 360 / 90 = 4 \text{ цикла}$$

$$V_M = 30 * 0,8 * 4 * 3 = 288 \text{ м/мес}$$

### 6.2 Технологические схемы проведения выработок буровзрывным способом.

Буровзрывной способ проведения выработок основан на отделении породы от массива под воздействием энергии, высвобождающейся при быстром окислении взрывчатого вещества. Буровзрывные работы занимают

важное место в горнодобывающей промышленности, т. к. являются самыми эффективными при проведении выработок по породам с крепостью более 8. Это основной способ на рудных шахтах.

Суть буровзрывного способа заключается в отбойке горной массы от забоя с помощью энергии взрыва. Для этого массив пород в пределах забоя обуривают шпурами, реже, скважинами, в которые помещают заряд взрывчатого вещества (рис. 7.1) и с помощью электродетонаторов, капсулей-детонаторов или детонирующего шнура инициируют взрыв.

По своему назначению заряды в шпурах подразделяются на 3 группы – врубовые, отбойные и оконтуривающие. Врубные шпуры (1–6) предназначены для создания дополнительной поверхности обнажения в забое и взрываются в первую очередь. Отбойные (7–20) – отделяют основную массу породы от массива. Оконтуривающие (21–40) – придают выработке проектный контур.

Величина подвигания забоя за взрывной цикл обычно меньше глубины шпуров. Отношение подвигания забоя за цикл к глубине шпуров называется коэффициентом использования шпуров (КИШ). Величина КИШ равна обычно  $0,7 \div 0,95$ .

После взрывания проветривают забой и производят погрузку и уборку отбитой породы. Затем возводят крепь и выполняют вспомогательные операции.

При проведении выработок с углом наклона до  $25^\circ$  для механизации бурения шпуров и погрузки отбитой горной массы применяют буропогрузочные машины. Пример схемы размещения оборудования при проведении выработки с помощью такой машины приведён на рис. 7.2.

Ниже представлены достоинства и недостатки буровзрывного способа по сравнению с комбайновым.

Достоинства: возможность проведения выработок по породам любой крепости, в любом направлении, под любым углом.

Недостатки:

- применение потенциально опасного способа разрушения массива;
- меньшая скорость проведения;
- большая себестоимость проведения;
- вероятность отклонения контура выработки от проектных параметров;
- нарушение массива вокруг выработки.

Скорость проведения горных выработок буровзрывным способом составляет, как правило, несколько десятков метров в месяц. В зависимости от горно-геологических условий и применяемого оборудования, на

большинстве отечественных шахт значение этого показателя составляет от 60 до 120 м/мес.

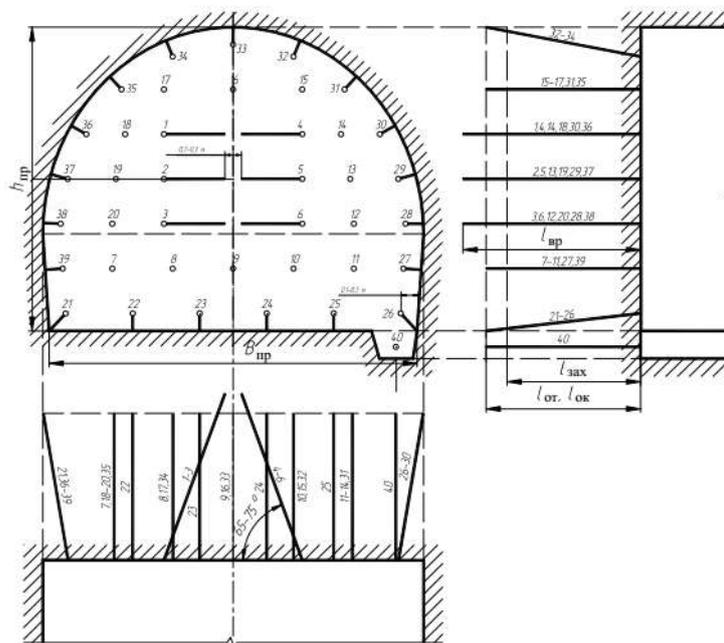


Рис. 7.1. Схема расположения шпуров в забое: 1–6 – врубовые шпуров; 7–20 – отбойные шпуров; 21–40 – оконтуривающие шпуров;  $l_{вр}$ ,  $l_{от}$ ,  $l_{ок}$  – глубина врубовых, отбойных и оконтуривающих шпуров;  $l_{зах}$  – длина заходки (подвигание забоя за цикл);  $В_{пр}$  – ширина выработки в проходке;  $h_{пр}$  – высота выработки в проходке.

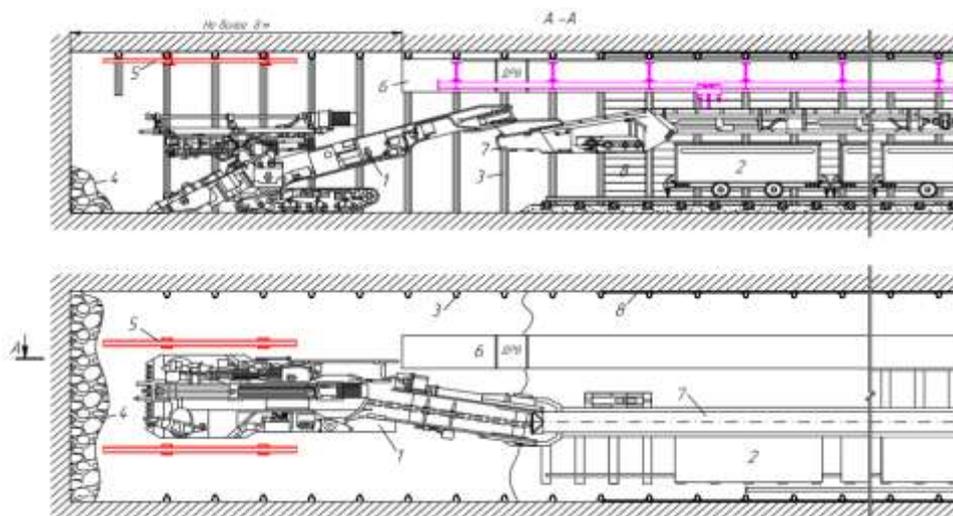


Рис. 7.2. Пример схемы размещения оборудования при проведении выработки буровзрывным способом: 1 – буропогрузочная машина; 2 – вагонетка; 3 – рамная металлическая (арочная) крепь; 4 – отбитая горная масса; 5 – консольная предохранительная (временная) крепь; 6 – вентиляционная труба; 7 – перегружатель; 8 – затяжка (железобетонные блоки)

### **Контрольные вопросы:**

1. Описать процессы рабочего цикла при проведении выработки комбайновым способом.
2. Объясните понятие цикл проходческих работ.
3. Как определяется продолжительность проходческого цикла.
4. Назовите основные свойства горных пород, влияющие на выбор способа проведения горных выработок.
5. Поясните сущность буровзрывного способа проведения выработок.
6. В чём достоинства буровзрывного способа проведения?
7. В чём недостатки буровзрывного способа проведения?
8. Назовите виды шпуров и последовательность их взрывания.

### **Практическое занятие №7**

**Тема:** Требования нормативных документов по безопасности работ в подготовительных забоях. Устройство выходов из шахты.

**Цель занятия:** Изучить правила безопасности при проведении подготовительных выработок и устройства выходов из шахты.

Практическое занятие выполняется по материалам ФЕДЕРАЛЬНЫХ НОРМ И ПРАВИЛ В ОБЛАСТИ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ "ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОСТИ В УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ" [3], разделы: V, VI, VII.

### **Контрольные вопросы:**

1. Сколько работников должны выполнять горные работы?
2. Сколько выходов должно быть на шахте в соответствии с ПБ?
3. Назовите минимальные размеры горных выработок предназначенных для передвижения людей?
4. Что делают в случае образования пустот при проведении, креплении и ремонте горных выработок?
5. При проведении горных выработок уступами по мощным пластам опережение верхнего уступа относительно нижнего должно быть не более \_\_\_ м?
6. Чем ограждают ходовые отделения горных выработок от углеспускных (породоспускных) отделений?
7. В каких случаях разрешается использование постоянной крепи горной выработки в качестве опорной конструкции?

## Практическое занятие №8

**Тема:** Схемы и способы вскрытия шахтного поля.

**Цель занятия:** Формирование базового представления о технологической схеме шахты. Изучить схемы движения добытого угля, свежей и загрязненной струи воздуха, главного и вспомогательного транспорта, водоотлива при отработке бремсберговой, уклонных ступеней.

**Содержание работы:** Данная работа – первое знакомство обучающегося с основными элементами технологической схемы шахты (схемами вскрытия и подготовки, системой разработки). На этом этапе обучения не предполагается самостоятельно конструировать эти элементы. Обучающийся должен сформировать базовое представление о технологической схеме на основе готового варианта (этот вариант необходимо изобразить), представленного в задании. Другими словами, необходимо понять, что такое шахта как совокупность горных выработок и технологических процессов.

1. Изображение шахтного поля "классической" конфигурации (рис. 8.1).

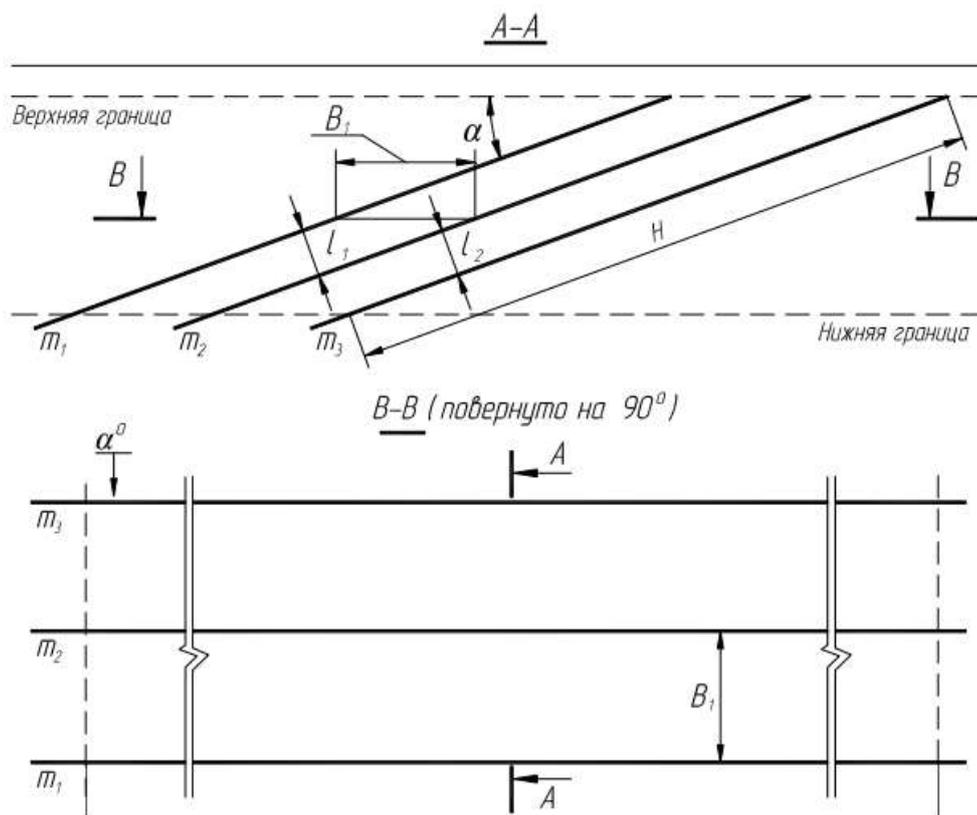


Рис. 8.1 Шахтное поле

Шахтное поле изображается в масштабе 1:5000. Мощность наносов во всех вариантах 50 м. Показывается два вида – вертикальный разрез и план горизонта (допускаются разрывы). Далее на них будут добавлены горные

выработки, и они станут схемой вскрытия и схемой способа подготовки транспортного горизонта соответственно. Размеры шахтного поля указаны в индивидуальных заданиях. При изображении плана горизонта допускается делать разрывы по простиранию.

## 2. Изображение схемы вскрытия

Схема вскрытия (вертикальная) изображается на вертикальном разрезе шахтного поля. Вариант схемы (рис. 8.2 или 8.3) и размер Нб принимаются согласно исходным данным. Поскольку изображение строится в масштабе 1:5000, все горные выработки показывают в две линии.

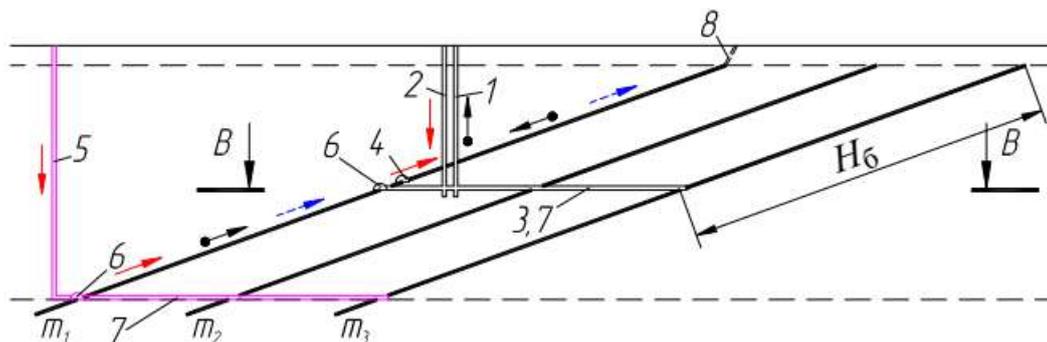


Рис. 8.2 Схема вскрытия свиты пластов вертикальными стволами с капитальным квершлагом и проветривание уклонной части через воздухоподающий ствол: 1 – главный скиповый ствол; 2 – вспомогательный клетевой ствол; 3 – капитальный квершлаг; 4 – пластовый конвейерный штрек; 5 – воздухоподающий ствол; 6 – воздухоподающий штрек; 7 – воздухоподающий квершлаг; 8 – шурф.

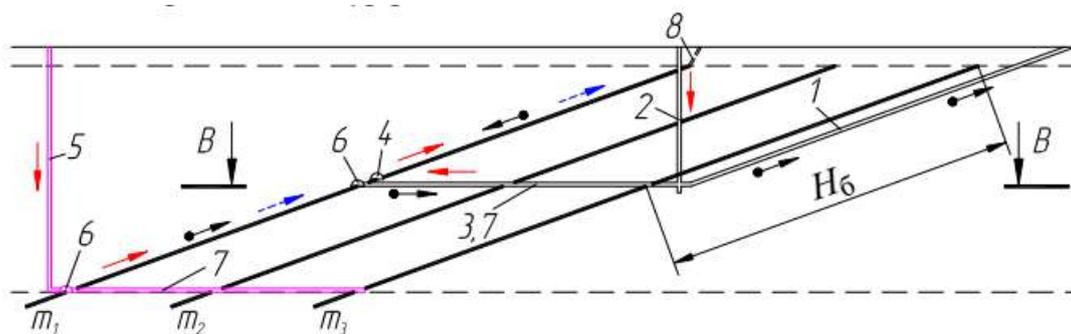


Рис. 8.3 Комбинированная схема вскрытия с капитальным квершлагом и проветривание уклонной части через воздухоподающий ствол: 1 – главный конвейерный ствол; 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8

Несмотря на то, что данный чертеж называется "схема вскрытия", на нем принято показывать и подготовительные выработки, имеющие общепластовое значение (пластовый конвейерный и воздухоподающий штрек). Во всех вариантах принимается индивидуальная пластовая подготовка транспортного горизонта. Штреки изображают на пласте, который обрабатывается согласно заданию (его мощность указана в таблице), а также на вышележащих пластах. На схеме кроме самих горных выработок

показывают направления движений свежего, исходящего воздуха и угля при транспортировке от забоев до поверхности (только для обрабатываемого пласта).

### 3. Изображение подготовки транспортного горизонта

Чертеж выполняется согласно указанным выше требованиям.

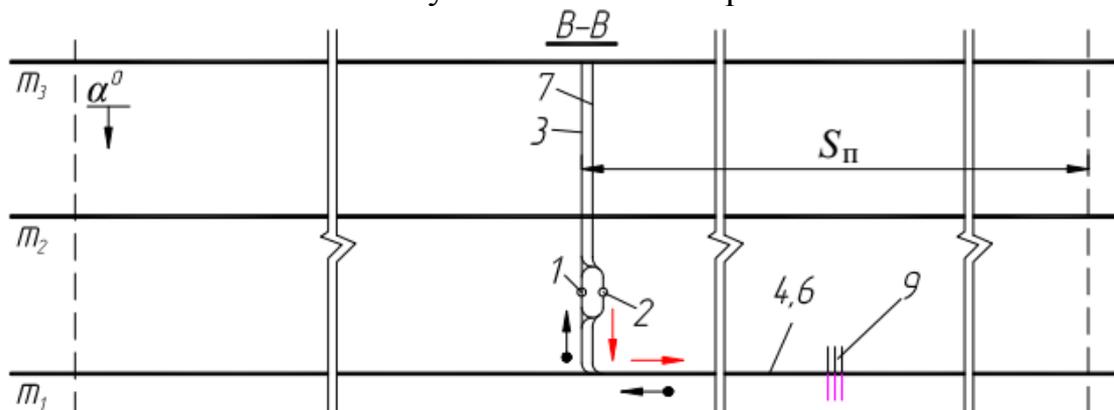


Рис. 8.4 Индивидуальная пластовая подготовка при схеме вскрытия вертикальными стволами с капитальным квершлагом: 1, 2, 3, 4, 6, 7 – см. рис 8.2; 9 – наклонные пластовые выработки

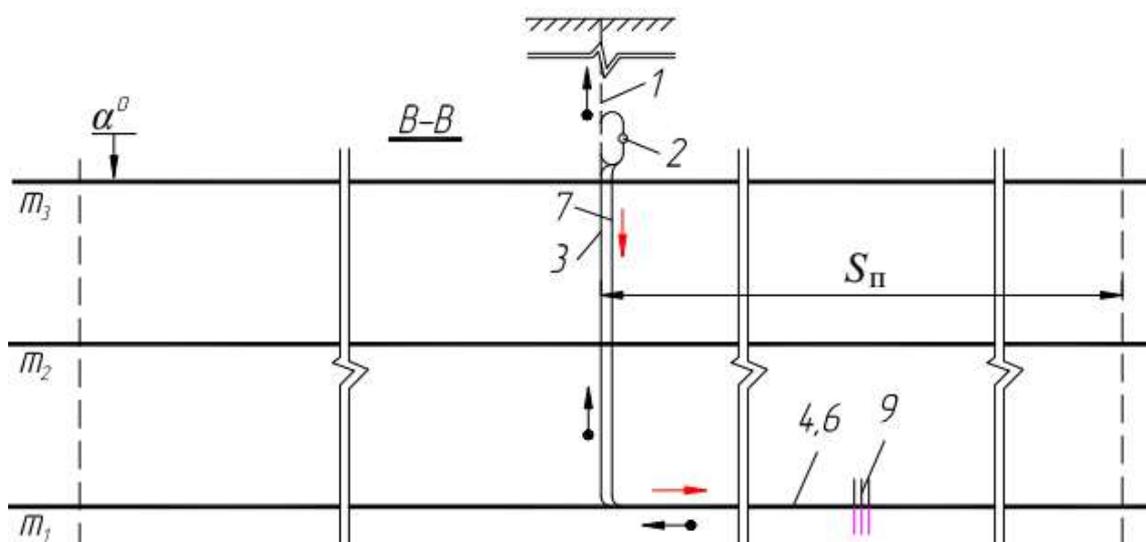


Рис. 8.5 Индивидуальная пластовая подготовка при комбинированной схеме вскрытия с капитальным квершлагом: 1 – главный конвейерный ствол; 2, 3, 4, 6, 7, 9 – см. рис. 8.3

### 4. Изображения системы разработки

При изображении допускается делать разрывы по простиранию и по падению, но в таких местах, чтобы они не меняли суть чертежа. На чертеже указывается основной и вспомогательный транспорт для всех выработок. Не требуется указание точной марки средств транспорта. Достаточно принципиально указать его вид (ленточный или скребковый конвейер, монорельсовая подвесная дорога, напочвенный рельсовый путь). Это делается самостоятельно на основе знаний, полученных на лекциях и лабораторных занятиях, выполненных ранее.

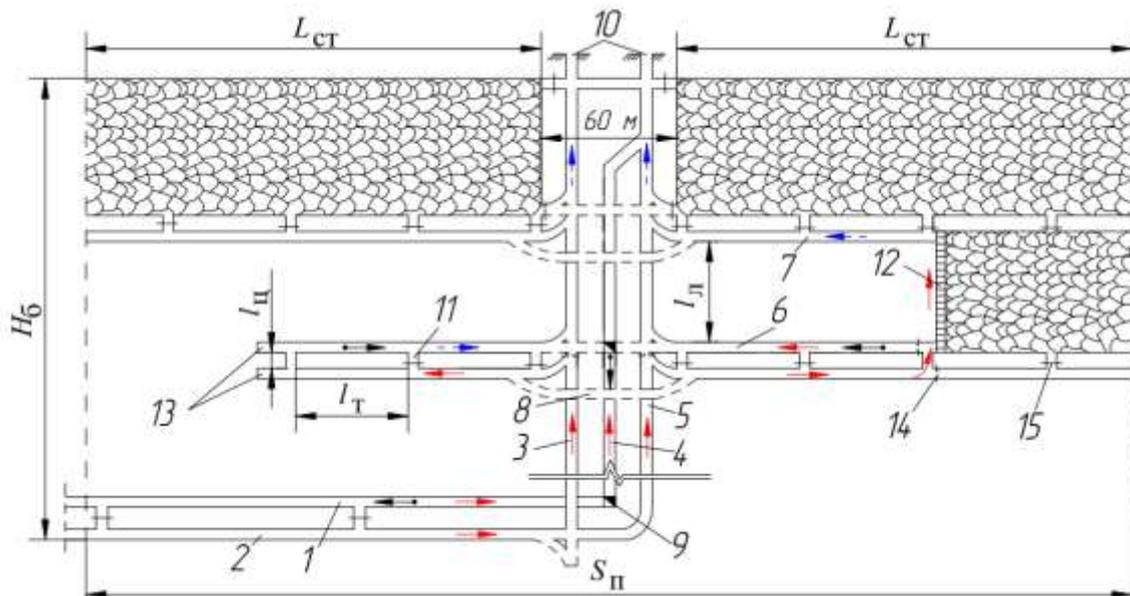


Рис. 8.6 Система разработки длинными столбами по простиранию с оставлением межглавных целиков: 1 – пластовый конвейерный штрек; 2 – воздухоподающий штрек; 3 – людской ходок; 4 – бремсберг; 5 – грузовой ходок; 6 – ярусный конвейерный штрек; 7 – ярусный вентиляционный штрек; 8 – обводная выработка; 9 – аккумулирующий бункер; 10 – шурфы; 11 – сбойка; 12 – очистной забой; 13 – подготовительный забой; 14 – перемычка с регулятором; 15 – глухая перемычка

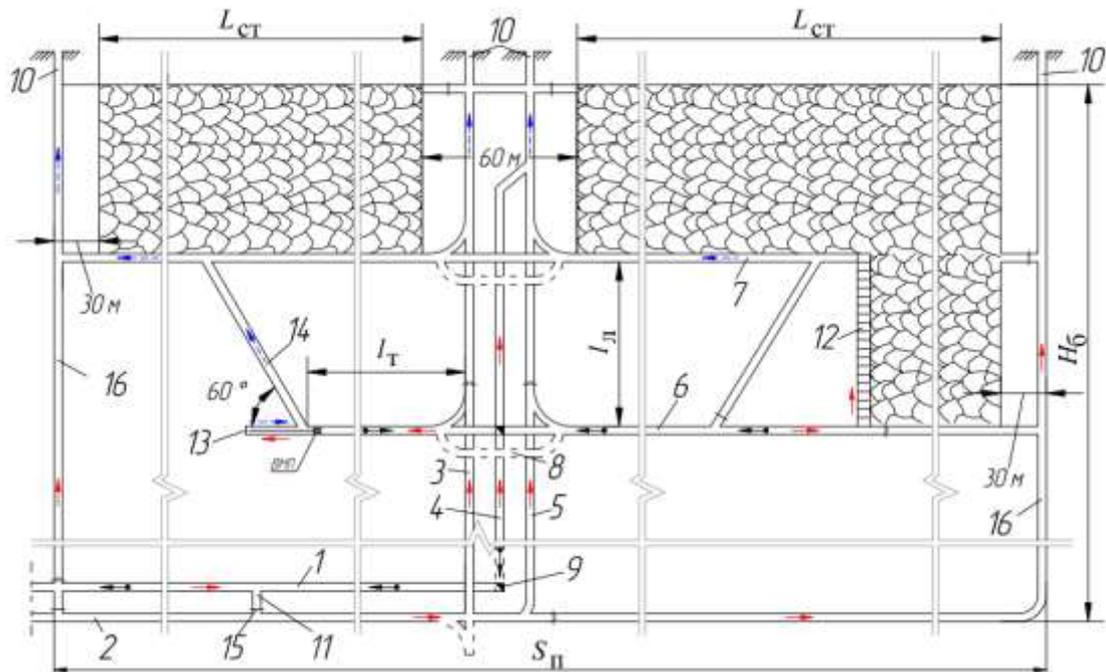


Рис. 8.7 Система разработки длинными столбами по простиранию с сохранением штрека для повторного использования: 1 – пластовый конвейерный штрек; 2 – воздухоподающий штрек; 3 – людской ходок; 4 – бремсберг; 5 – грузовой ходок; 6 – ярусный конвейерный штрек; 7 – ярусный вентиляционный штрек; 8 – обводная выработка; 9 – аккумулирующий бункер; 10 – шурфы; 11 – сбойка; 12 – очистной забой; 13 – подготовительный забой; 14 – диагональная печь; 15 – глухая перемычка; 16 – фланговый ходок

### **Задание:**

1. Изучить названия элементов и параметров шахтного поля.
2. Нарисовать схемы вскрытия.
3. Нарисовать схему подготовки транспортного горизонта.
4. Нарисовать системы разработки.
5. Ответить на контрольные вопросы.

### **Контрольные вопросы:**

1. Назовите элементы технологической схемы шахты.
2. Какая схема вскрытия изображена на чертеже?
3. Как в данной работе определяется количество циклов в очистном забое и сколько оно составляет?
4. Назовите и покажите горизонтальные выработки на системе разработки.
5. Сколько одновременно действующих подготовительных забоев необходимо иметь для своевременной подготовки следующего выемочного столба?

## **Практическое занятие №9**

**Тема:** Схемы и способы подготовки шахтного поля. Деление шахтного поля на части.

**Цель занятия:** Изучение способов и схем подготовки шахтных полей.

Подготовка шахтного поля является следующей стадией разработки месторождений полезных ископаемых подземным способом после вскрытия, включает в себя определённый порядок проведения комплекса выработок, обеспечивающего возможность подготовки выемочных полей для массовой добычи угля. И характеризуется способом и схемой (табл. 9.1).

Способом подготовки называется проведение подготовительных выработок на уровне транспортного горизонта.

Схемой подготовки называется пространственное расположение системы подготовительных выработок в плоскости пласта и полевых, при котором шахтное поле разделяется на части, обеспечивающие условия для отработки выемочных полей.

Таблица 9.1

СПОСОБ ПОДГОТОВКИ		СХЕМА ПОДГОТОВКИ
Классификационные признаки		
Расположение подготовительных выработок относительно пласта	Число разрабатываемых пластов, обслуживаемых системой подготовительных выработок на транспортном горизонте	Проведение подготовительных выработок в плоскости пласта, в результате проведения которых образуются очистные забои принятой длины
Пластовый Полевой Пластово-полевой	Индивидуальный	Погоризонтная
Полевой Пластово-полевой	Групповой	
Пластовый Полевой Пластово-полевой	Индивидуальный	Панельная
Полевой Пластово-полевой	Групповой	
Пластовый Полевой Пластово-полевой	Индивидуальный	Этажная
Полевой Пластово-полевой	Групповой	

В основе разделения способов подготовки лежат два признака: расположение подготовительных выработок относительно пласта и число разрабатываемых пластов, обслуживаемых подготовительной выработкой. На этом этапе подготовительными выработками являются транспортные штреки. В зависимости от расположения этих штреков относительно пласта различают пластовую, полевую и пластово-полевую подготовку пластов. При пластовой подготовке транспортные штреки проводят по пласту (рис. 9.1, а), при полевой подготовке полевые штреки проводят по пустым породам лежащего бока, при пластово-полевой – как по пласту, так и по пустым породам.

В зависимости от числа пластов, обслуживаемых подготовительной выработкой (штреком) различают индивидуальный и групповой способы подготовки пластов. При индивидуальном способе подготовки транспортные штреки проводят для каждого разрабатываемого пласта.

Основные достоинства индивидуального способа подготовки: высокая скорость проведения горных выработок; быстрый ввод в эксплуатацию выемочных полей; отсутствие породных работ при проведении выработок. Недостатки: большие затраты на поддержание транспортных штреков; сложность изоляции эндогенных пожаров; разбросанность горных работ.

При групповом способе подготовки транспортный штрек проводят общим для свиты пластов или её группы (рис. 9.1, б, в, г), для выхода на пласт от

полевого штрека проводят промежуточные квершлаг, от этих квершлаг по простиранию пластов проводят пластовые штреки. Каждое выемочное поле отработывают на свой промежуточный квершлаг и, соответственно, в зависимости от расположения промежуточного квершлага, варианты подготовки носят названия: с доставкой на задний промежуточный квершлаг (рис. 9.1, б) – (выемка на завал), с доставкой на передний промежуточный квершлаг (рис. 9.1, в) – (выемка на массив), с доставкой на двусторонний промежуточный квершлаг (рис. 9.1, г) – (выемка встречными забоями). Размер односторонних выемочных полей по простиранию составляет  $300\div 400$  м, двусторонних –  $500\div 600$  м.

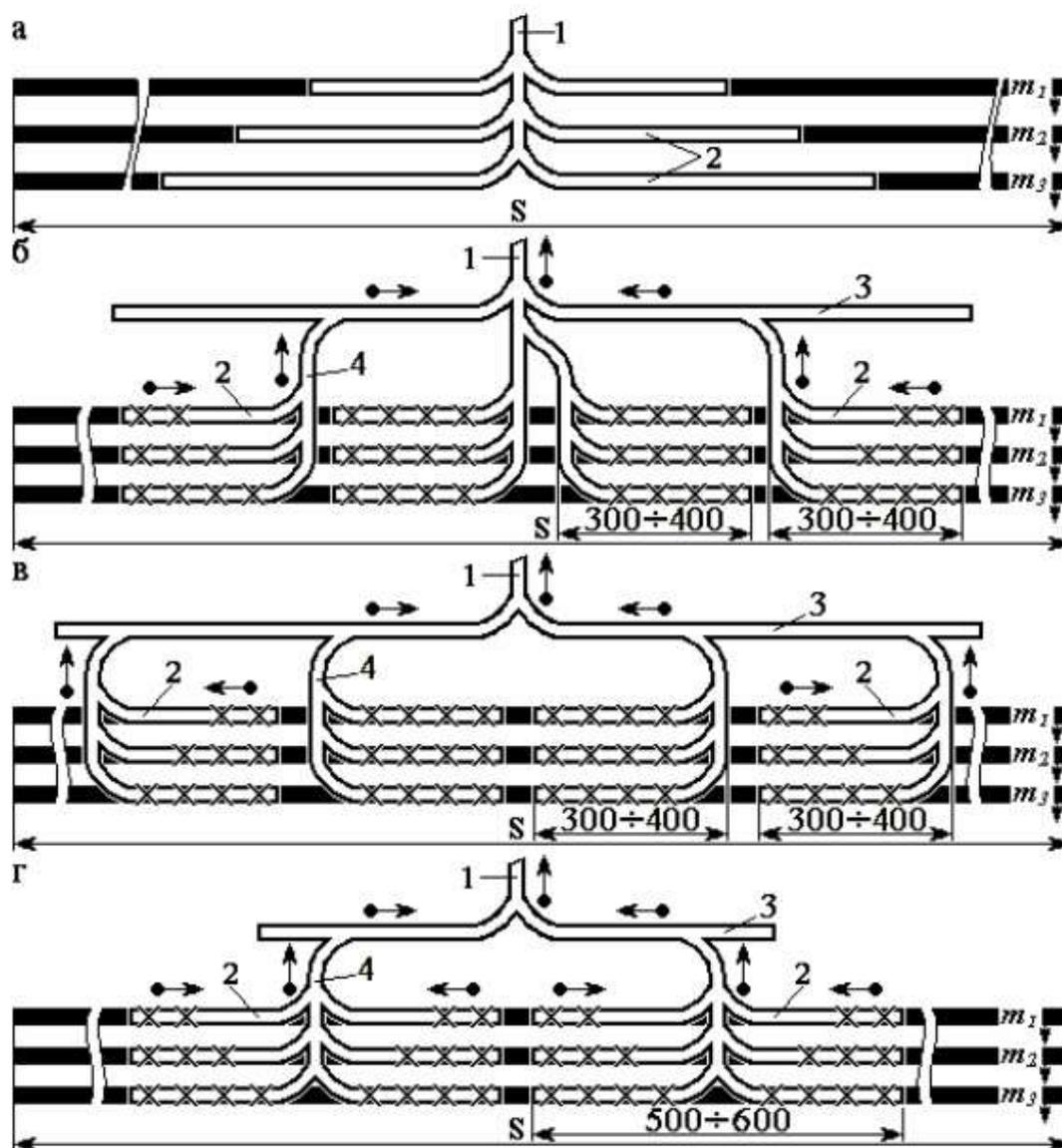


Рис. 9.1. Подготовка пластов на уровне транспортного горизонта:

а – индивидуальная; б, в, г – групповая подготовка с доставкой соответственно на задний, передний, двусторонний промежуточные квершлаг; 1 – главный квершлаг; 2 – пластовой штрек; 3 – полевой штрек; 4 – промежуточный квершлаг; – направление транспортировки угля к стволу; – последовательность отработки выемочных полей.

Достоинствами группового способа являются: возможность обособленного ведения подготовки и отработки запасов в различных частях шахтного поля и на отдельных пластах, а также безопасную подготовку и отработку пластов, склонных к самовозгоранию, опасных по внезапным выбросам угля и газа или по горным ударам. Недостатки: дополнительный объём проводимых полевых выработок; дополнительные затраты на транспортировку и выдачу породы из шахты; недостаточная доразведка условий залегания пластов; увеличиваются сроки подготовки выемочных полей.

С геомеханической точки зрения наиболее предпочтительным является вариант подготовки с доставкой на передний промежуточный квершлаг, однако при транспортировке угля затрачивается дополнительная работа вследствие перепробега транспортируемого угля.

В зависимости от деления выемочной ступени (шахтопласта) на части различают панельную, этажную и погоризонтную схемы подготовки.

Панельная схема применяется при любой мощности пластов с углами падения до  $35^\circ$ . При панельной схеме шахтное поле делят на участки – панели, ограниченные по восстанию (падению) границей шахтного поля и транспортным горизонтом или двумя смежными транспортными горизонтами, а по простиранию – границей шахтного поля и границей с другой панелью или двумя границами со смежными панелями (рис. 9.2, а). Панель в свою очередь делится на ярусы и выемочные столбы, ориентированные по простиранию. В пределах панели проводятся наклонные подготовительные выработки – бремсберг или уклон с ходками, а от них – ярусные конвейерные и вентиляционные штреки, соединяя которые разрезными печами готовится ярус панели к отработке.

Размер панели по простиранию составляет  $1500 \div 4000$  м, по падению – до 1500 м. При благоприятных горно-геологических условиях намечается тенденция к увеличению размеров панели.

Достоинства панельной схемы подготовки: возможность обеспечения высокой нагрузки и благоприятных условий для применения конвейерного транспорта; сравнительно небольшой объём поддерживаемых выработок. Недостатки: ограничение области применения пологими и наклонными пластами; большие затраты на проведение и поддержание панельных наклонных выработок.

Этажная схема подготовки является универсальной, так как возможно её применение для пластов с любыми углами падения, кроме горизонтальных. Для пластов с углами падения более  $35^\circ$  является единственно возможной. Этаж – часть шахтного поля, вытянутая по простиранию и ограниченная по

падению и восстанию этажными откаточным и вентиляционным штреками (рис. 9.2, б). Наклонная высота этажа при разработке пологих и наклонных пластов обычно составляет 350÷400 м, крутонаклонных – 145÷155 м, крутых пластов – 125÷135 м (при вертикальной высоте этажа 100÷120 м).

Этажная схема подготовки пластов, имеющих разные углы падения отличается друг от друга. На пологих пластах при делении этажа на подэтажи между этажными откаточным и вентиляционными штреками проводят участковые бремсберги, по которым уголь из верхних подэтажей доставляется на откаточный горизонт.

На крутых и крутонаклонных пластах, где доставка угля по падению осуществляется под действием сил гравитации, проводят скаты, если предполагается деление этажа на подэтажи. Полная сеть подготовительных выработок в выемочном поле, позволяющих начать очистную выемку, зависит от применяемой системы разработки.

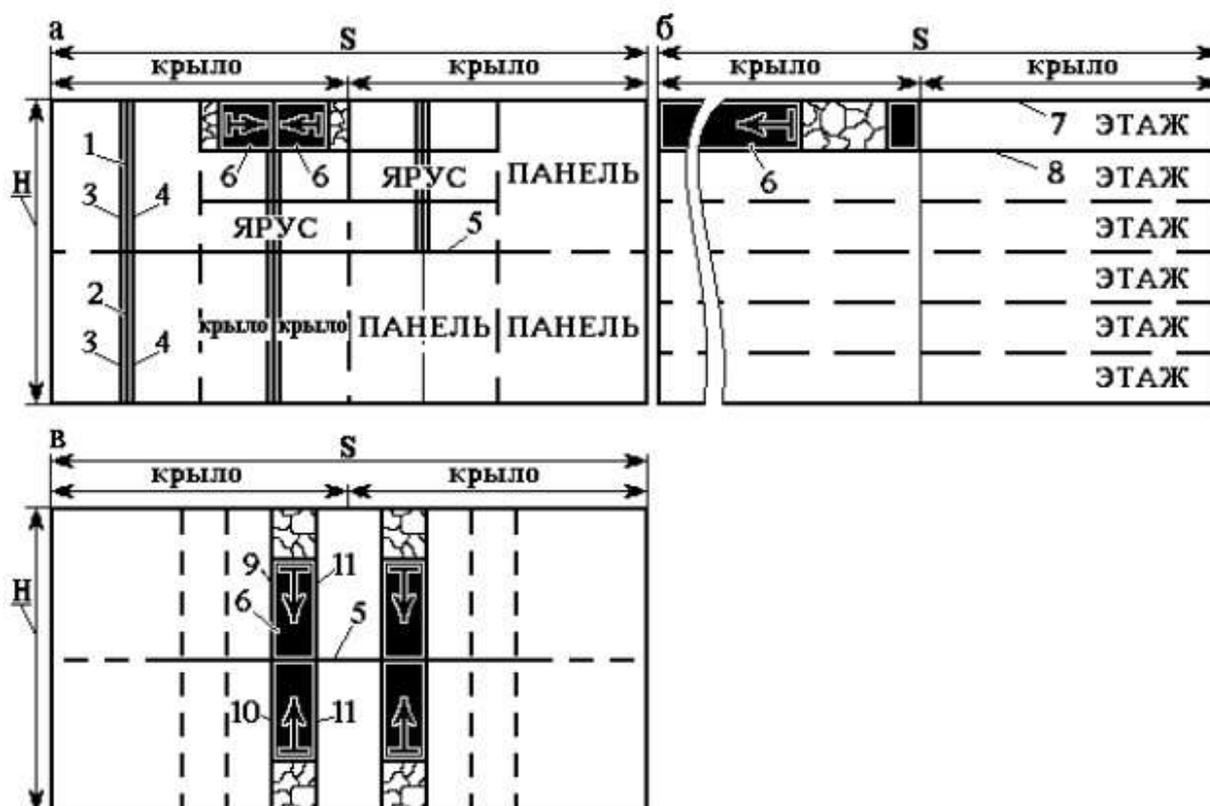


Рис. 9.2. Схемы подготовки выемочных полей:

а – панельная; б – этажная; в – погоризонтная; 1 – панельный бремсберг; 2 – панельный уклон; 3 – путевой ходок; 4 – людской ходок; 5 – главный транспортный штрек; 6 – выемочный столб; 7 – этажный вентиляционный штрек; 8 – этажный транспортный штрек; 9 – бремсберг; 10 – уклон; 11 – ходок; S – размер шахтного поля по простираанию; H – размер шахтного поля по падению.

Достоинства этажной схемы подготовки: небольшой объём проведения наклонных горных выработок; более быстрый ввод очистных забоев в

эксплуатацию (при прямом порядке отработки этажей); простые схемы проветривания и транспорта. Недостатки: разбросанность горных работ, большая протяженность этажных пластовых штреков, что приводит к росту затрат на их поддержание (на пологих пластах).

Сущность погоризонтной схемы подготовки заключается в разделении пласта в пределах шахтного поля между вентиляционным и транспортным горизонтами на выемочные участки (столбы), вытянутые по падению (восстанию) (рис. 9.2, в). На каждом выемочном участке размещается одна лава, обрабатываемая по восстанию или падению. Преимущественная область применения – пологие пласты любой мощности с углами падения не более  $10\div 12^\circ$ , размеры выемочных столбов по падению составляют  $800\div 3000$  м.

Достоинства погоризонтной схемы подготовки: упрощение схемы подготовки и схемы транспортирования угля; обеспечение стабильности длины лавы при сложной гипсометрии; уменьшение влияния нарушений, ориентированных по падению. При отработке выемочных столбов по падению уменьшается поступление метана из выработанного пространства в лаву. При отработке выемочных столбов по восстанию сокращается приток воды в призабойное пространство. Недостатки: ограниченная область применения; сложность проведения длинных наклонных выработок; сложность доставки людей и материалов по наклонным выработкам.

Непостоянство элементов залегания пластов в пределах шахтного поля может обусловить применение в пределах одного и того же шахтопласта смешанной подготовки например, панельной и погоризонтной, либо панельной и этажной.

### **Контрольные вопросы и задания:**

1. Дайте определение способа подготовки шахтного поля.
2. Дайте определение схемы подготовки шахтного поля.
3. Поясните сущность индивидуальной подготовки пластов.
4. Поясните сущность групповой подготовки пластов.
5. Чем отличается друг от друга подготовка с доставкой на задний, передний и двусторонний промежуточные квершлагги?
6. Поясните сущность и область применения панельной подготовки.
7. Поясните сущность и область применения этажной подготовки.
8. Поясните сущность и область применения погоризонтной подготовки.

## **Практическое занятие №10**

**Тема:** Понятие об управлении состоянием массива горных пород. Требования нормативных документов по приведению массива к безопасному ведению горных работ.

**Цель занятия:** Изучение базовых понятий о технологиях управления состоянием массива горных пород.

Управление состоянием массива горных пород – это комплекс мероприятий по изменению свойств массива с целью снижения вероятности возникновения опасных явлений при ведении горных пород. К таким опасным явлениям относят крупноблочное обрушение кровли, куполообразование, отжим угля, загазованность горных выработок, горные удары, внезапные выбросы угля и газа, подземные пожары и др.

### **10.1. Разупрочнение кровли**

Ведение очистных работ, кроме традиционного осложняющего фактора – метана, в некоторых горно-геологических условиях осложняется проблемами с управлением кровлей. В частности, эти проблемы возникают при зависании кровли на больших площадях над выработанным пространством. Такие кровли принято называть трудно-обрушаемыми. Следует отметить, что на угольных шахтах РФ, и Кузбасса в частности, часть высококачественных запасов угля залегают в пластах с трудно-обрушаемыми кровлями. Значительная часть таких запасов находится на юге Кузбасса. Особо следует отметить, чем опасны такие кровли. Зависание и последующее обрушение больших блоков кровли может привести к посадке «насухо» гидравлических стоек крепи. Это неоднократно наблюдалось на шахтах Кузбасса. Были случаи, когда комплекс задавливало целиком, без возможности его демонтажа. Первичная осадка больших пролетов основной кровли (до 100 м) приводит к опасному явлению – мгновенному вытеснению больших объёмов газа в призабойное пространство и формированию воздушных ударов. Кроме того, именно наличие трудно-обрушаемой кровли способствует возникновению горных ударов, особенно на мощных пластах.

Тенденция к повышению суточной нагрузки, а следовательно, скорости подвигания забоя делает вопросы управления трудно-обрушаемой кровлей еще более актуальными. Это связано с тем, что увеличение скорости подвигания, как правило, приводит к увеличению шага обрушения кровли. При высоких скоростях подвигания размер блоков обрушения кровли может

превышать критические значения, т. е. нагрузка на крепь может превышать сопротивление крепи. Для того чтобы избежать таких ситуаций, необходимо проводить мероприятия по разупрочнению кровли. Эти мероприятия по разупрочнению кровли регламентируются инструкцией [10]. В этом документе представлен ряд методов предварительного разупрочнения кровли, а также разупрочнения уже образовавшихся консолей.

В настоящее время существует несколько технологий разупрочнения кровли: передовое торпедирование, гидромикроторпедирование, взрывогидрообработка, гидродинамическая стратификация, направленный гидроразрыв, межэкранный торпедирование, направленное разупрочнение и др. Некоторые технологии пока являются экспериментальными, другие уже освоены и имеют широкое промышленное применение. Наибольшее промышленное применение имеют технологии, основанные на взрывном способе разупрочнения пород кровли. Далее рассматривается наиболее применяемая и универсальная технология – передовое торпедирование кровли.

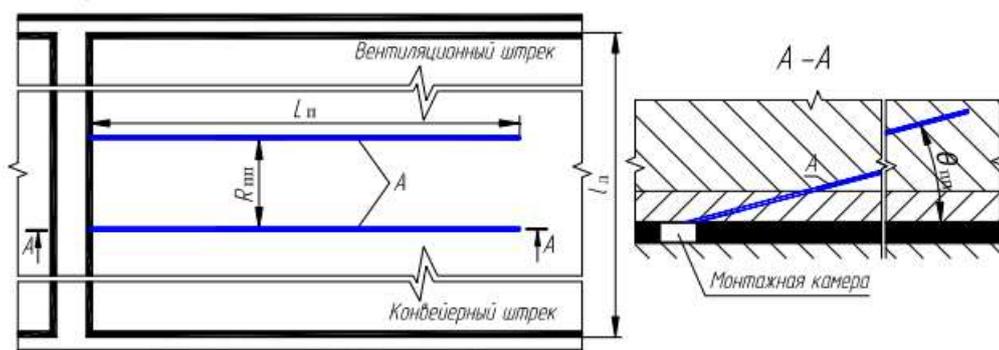


Рис. 10.1. Схема разупрочнения основной кровли при первичной посадке

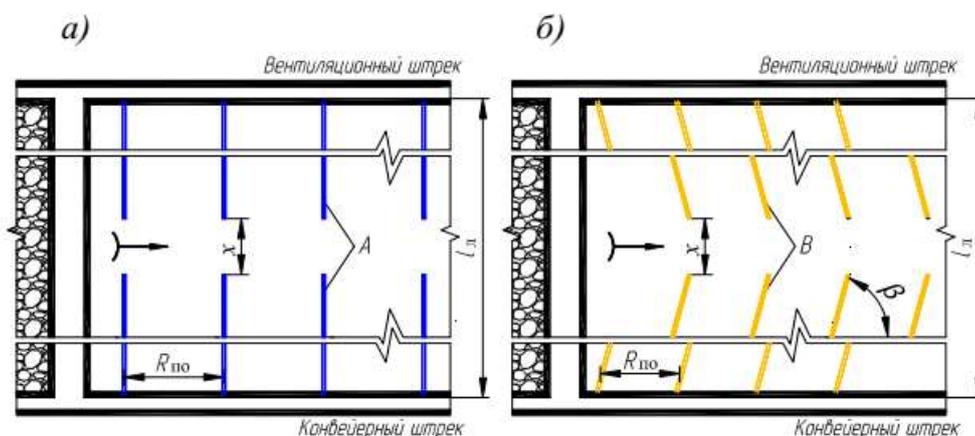


Рис. 10.2. Схемы разупрочнения основной кровли при периодических обрушениях: а – параллельная схема; б – наклонная схема; А – основные параллельные скважины; В – основные наклонные скважины

Сущность этой технологии заключается в предварительном бурении скважин в кровлю, закладке в них зарядов взрывчатых веществ и взрывании. В результате происходит разупрочнение кровли за счёт значительного увеличения её трещиноватости. Различают технологические схемы разупрочнения кровли при первичной посадке (рис. 10.1) и при периодических обрушениях по мере подвигания очистного забоя (рис. 10.2). Выбор конкретной схемы и расчёт параметров технологии производится исходя из свойств кровли и длины очистного забоя.

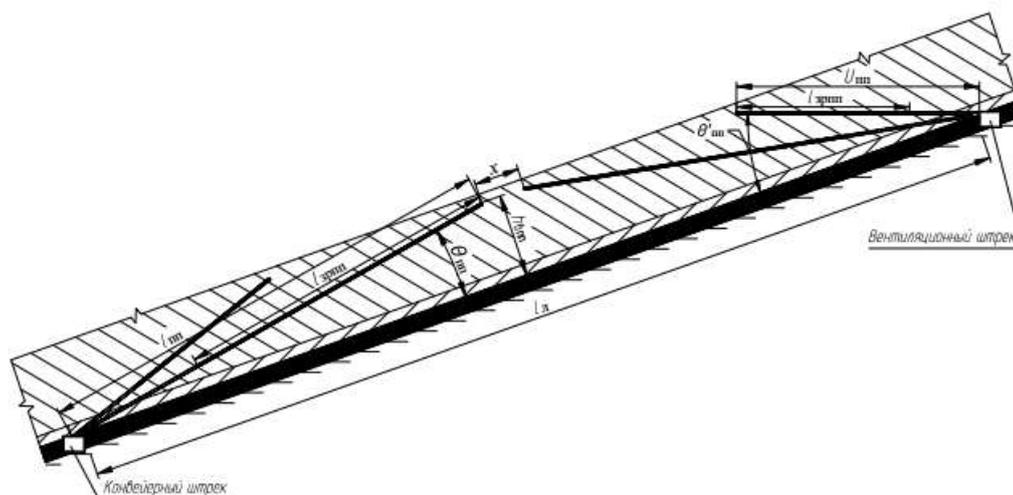


Рис. 10.3. Сечение вкрест простирания пласта (двухъярусная схема)

## 10.2. Упрочнение горного массива

Ведение горных работ в зонах с неустойчивыми породами (в т. ч. и углем) сопряжено с повышенной опасностью. Наиболее характерные места возникновения таких зон – геологические нарушения. При работе в таких зонах возникает высокая вероятность массовых вывалов пород в горные выработки, что может привести к травмам горнорабочих и повреждению оборудования. Кроме того, эти зоны в виду сильной трещиноватости, как правило, обладают повышенной газо- и водопроницаемостью, что помимо вывалов также представляет серьёзную опасность. Проблемы возникают не только при неустойчивых вмещающих породах, но и при ослабленном угле. К проблемным можно отнести участки со слабым, склонным к интенсивному отжиму, углем и с сильнотрещиноватым кливажистым углем. Участками, требующими упрочнения даже при относительно устойчивых породах, также являются:

– кровля и бока передовых выработок, переходимых очистным забоем;

- сопряжения очистных забоев с выработками, оконтуривающими выемочный столб;
- демонтажные камеры;
- участки выемочного столба и целиков, попадающие в зоны повышенного горного давления (ЗПГД).

Следует отметить, что описанные выше зоны встречаются практически на каждой шахте. На многих шахтах ведение горных работ осложнено большим количеством геологических нарушений, которые периодически снижают эффективность подготовительных и очистных работ. В настоящее время наиболее эффективной является технология химического упрочнения. Эта технология успешно применяется на отечественных и зарубежных шахтах уже более 30 лет. Скорее всего, она останется основной и в перспективе. Сущность этой технологии заключается в скреплении неустойчивого массива специальными составами. Наибольшее распространение в качестве таких составов получили синтетические двухкомпонентные смолы. В отечественной угольной промышленности технология получила широкое применение относительно недавно, хотя положительные результаты её применения в Кузбассе были получены еще в 80-х годах прошлого века. В это же время был разработан ряд нормативных документов [11, 12, 13], требования которых использованы при подготовке этой работы. В последние годы на российском рынке появились специализированные компании, предлагающие весь спектр расходных материалов и оборудования для химического упрочнения массива, что способствует широкому распространению этих технологий. Одна из компаний на этом рынке – «Orica». В качестве примера будет рассмотрена продукция этой компании (бывший бренд «Minova»).

На современном этапе химическое упрочнение можно условно разделить на две технологии:

- нагнетание смол в массив под давлением через шпуры (инъекционное упрочнение) Рис. 10.4.;
- применение так называемых «PUR-патронов» Рис. 10.5.

Используются различные по составу, свойствам и области применения смолы. Общим моментом является то, что они представляют собой двухкомпонентный состав. В PUR-патронах эти компоненты находятся изолированно в разных оболочках и перемешиваются при разрыве патрона внутри шпура. При нагнетании компоненты подаются по отдельным шлангам и смешиваются перед непосредственным поступлением в шпур. При смешивании компонентов происходит их отвердевание (со вспениванием или без вспенивания) за относительно короткое время.

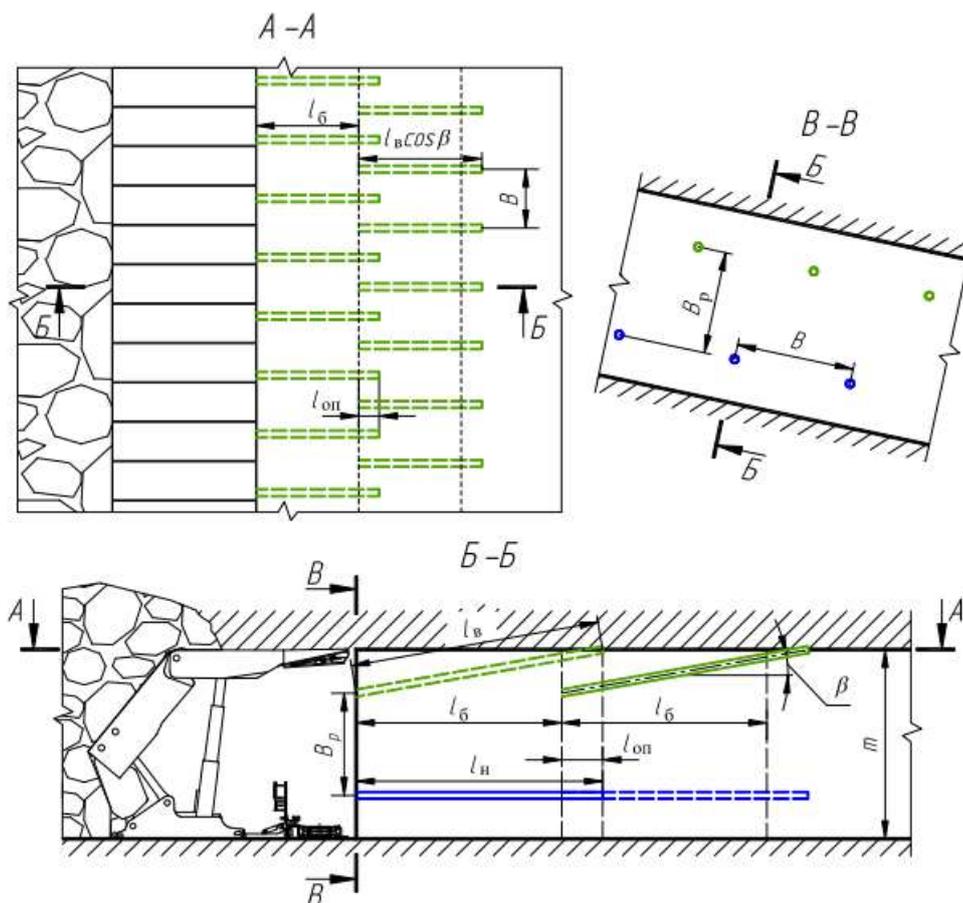


Рис. 10.4. Технологическая схема упрочнения угля в очистном забое нагнетанием скрепляющего состава (масштаб сечений Б-Б и В-В в 2 раза крупнее, чем сечения А-А)

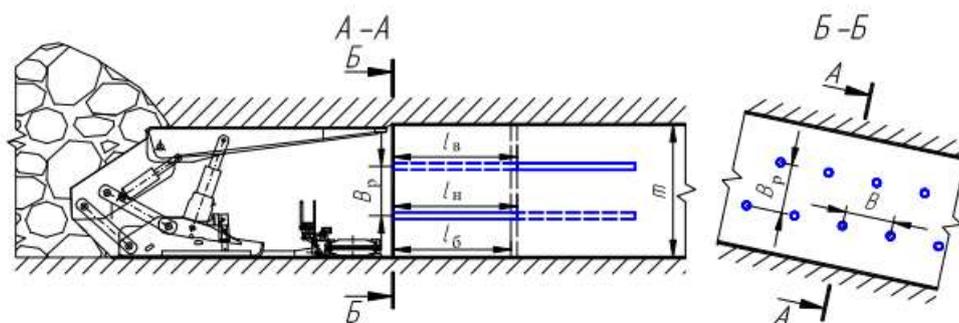


Рис. 10.5. Технологическая схема упрочнения угля в очистном забое с помощью PUR-патронов

Технологическая схема упрочнения угля с помощью «PUR патронов» представлена на рис. 10.5. Этот способ упрочнения является универсальным и может применяться в очистном забое, в подготовительном забое и для упрочнения бортов передовых выработок при их переходе очистным забоем. Патроны выпускаются диаметром 36÷42 мм, длина патронов 300 мм, вес 0,35÷0,50 кг. Сущность этой технологии заключается в следующем. В упрочняемую область забоя в два ряда (в шахматном порядке) бурятся шпуров диаметром 43 мм. Ряды шпуров располагают на одинаковом

расстоянии от кровли и почвы или по пачке, наиболее нуждающейся в упрочнении (например, верхняя часть пласта, склонная к отжиму).

В шпуров помещаются PUR-патроны, которые досылаются в забой шпура деревянным или стеклопластиковым анкером. Разрушение патронов и перемешивание компонентов производится посредством вращения анкера электросверлом через переходник в течение 10÷15 с. Принцип и параметры расположения шпуров для упрочнения угольного массива в подготовительных забоях аналогичны.

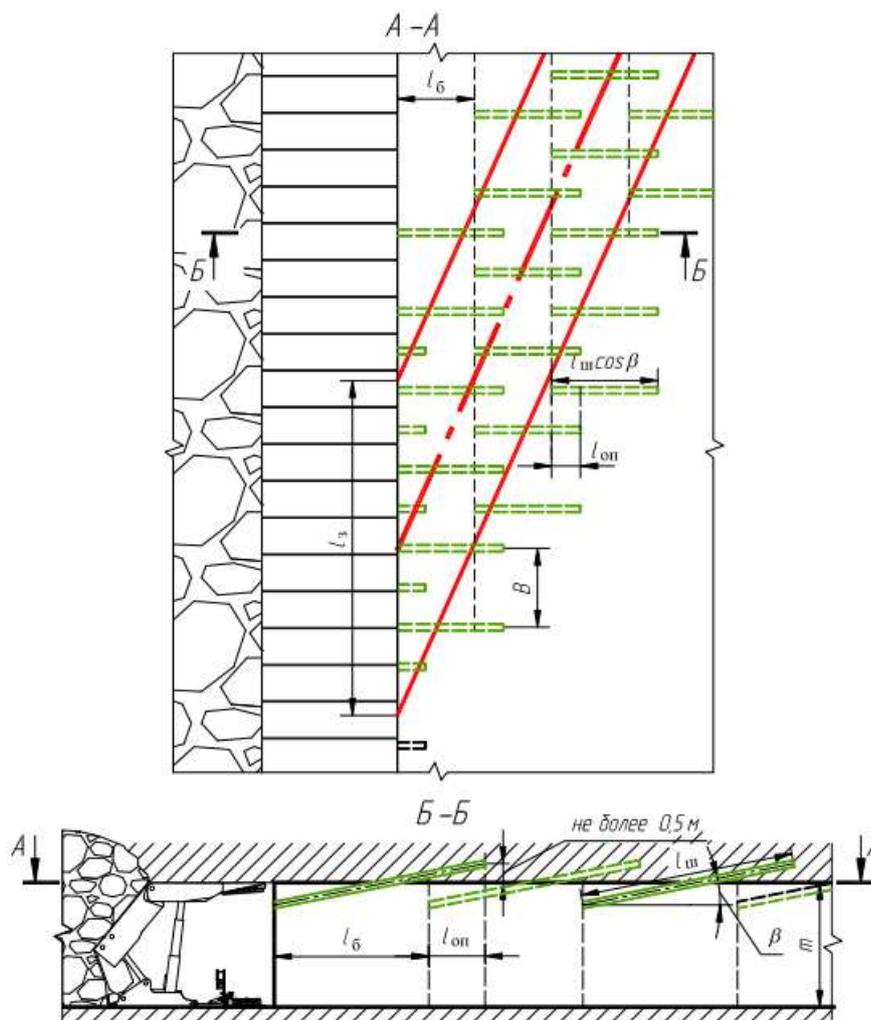


Рис. 10.6. Технологическая схема предварительного упрочнения неустойчивых пород кровли из очистного забоя (масштаб сечения Б-Б в 2 раза крупнее, чем сечения А-А)

Если произошел вывал породы из кровли в виде «купола», то необходимо ликвидировать этот «купол» и принять меры для его дальнейшего нераспространения. В теоретических положениях отмечалось, что для заполнения больших пустот целесообразно применять смолы с высоким фактором вспенивания и скоростью реакции, не требующие герметичной опалубки при возведении. При отсутствии возможности применения вспенивающейся смолы применяют классический способ ликвидации купола

– закладку лесоматериалами. Для предотвращения дальнейшего обрушения породы кровли рекомендуется упрочнить через шпуров (рис. 10.7).

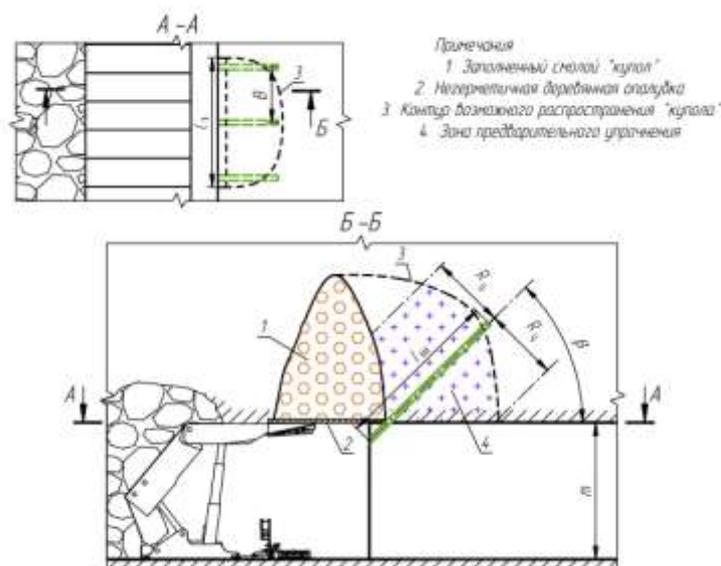


Рис. 10.7. Технологическая схема ликвидации «купола» и предотвращения его дальнейшего распространения (масштаб сечения Б-Б в 2 раза крупнее, чем сечения А-А)

### 10.3. Дегазация

Газ метан является главной опасностью для большинства угольных шахт в мире. Значительная доля метана попадает в рудничную атмосферу при ведении очистных работ. Причём, чем выше показатель добычи, тем интенсивней газовыделение. Поэтому на сегодняшний день газ является главным фактором, ограничивающим добычу для большинства угольных шахт. Частично решить эту проблему помогает дегазация. Её применение снижает газовыделение в рудничную атмосферу, что позволяет увеличить суточную добычу по газовому фактору. Однако главная цель дегазации все же не увеличение нагрузки на очистной забой, а повышение безопасности горных работ.

Главным документом, регламентирующим применение дегазации в нашей стране, является инструкция [14]. Также вопросы дегазации отражены в ряде других нормативных документов. Согласно требованиям этих документов, дегазация обязательна в следующих случаях.

1. Дегазация угольного пласта обязательна, когда природная метаноносность пласта превышает 13 м<sup>3</sup>/т сухой беззольной массы (с.б.м.) и работами по вентиляции невозможно обеспечить содержание метана в исходящей струе очистной горной выработки в размере менее 1 %.
2. Дегазация выработанного пространства обязательна, когда концентрация метана в газопроводах и газодренажных выработках превышает 3,5 %.

3. Дегазация обязательна, когда работами по вентиляции невозможно обеспечить содержание взрывоопасных газов (метана) в рудничной атмосфере действующих горных выработок шахты в размере до 1 %. Критерием, определяющим необходимость выполнения работ по дегазации источников метановыделения, является превышение расчётной (или фактической) метанообильности выработок I сверх допустимой по фактору вентиляции  $I_v$  (без дегазации), т. е.  $I > I_v$ .

4. Дегазация применяется во всех случаях, когда извлечение и утилизация шахтного метана экономически выгодны.

Дегазация применяется для снижения газообильности выемочного столба (предварительная дегазация), подготовительного забоя и для уменьшения концентрации метана в выработанном пространстве. Существует множество схем дегазации. Главный параметр любой схемы – коэффициентом дегазации. Он показывает эффективность дегазации (снижение газоносности) в долях единицы относительно начального состояния массива. Значения этого коэффициента для всех схем установлены в инструкции [14]. Далее представлены типовые схемы пластовой дегазации выемочного столба (рис. 10.8) и схемы дегазации выработанного пространства (10.9).

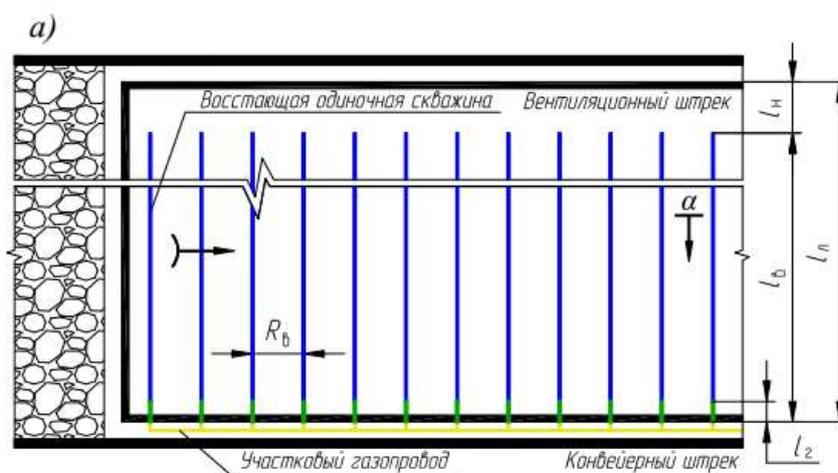


Рис. 10.8. Схема пластовой дегазации выемочного столба

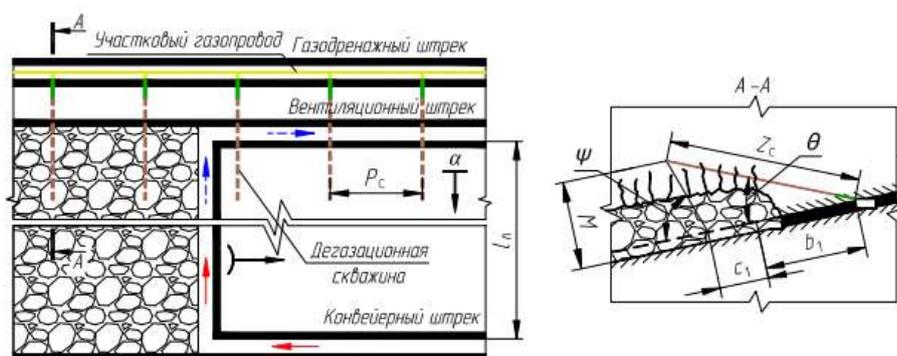


Рис. 10.9. Схема дегазации выработанного пространства из подземных выработок

## 10.4. Предотвращение горных ударов

Горные удары представляют собой серьёзную опасность в некоторых условиях разработки. Наиболее подвержены ударам мощные пласты с труднообрушаемой кровлей. Известно, что вероятность их возникновения увеличивается с повышением глубины горных работ. Критическая глубина удароопасности в настоящее время превышена на большинстве шахт.

Причины возникновения горных ударов рассматривались при изучении темы «Основные положения механики горных пород» данного пособия. Прогноз и предотвращение горных ударов регламентируются инструкцией [15]. Способы предотвращения горных ударов, согласно этой инструкции, подразделяются на региональные и локальные.

Предварительное разупрочнение труднообрушаемой кровли (раздел 10.1) тоже является одним из способов предотвращения горных ударов. Поэтому в данном разделе изложена сущность наиболее распространённых локальных способов – гидрообработки и бурения разгрузочных скважин.

Важнейшее требование по безопасности на удароопасных пластах – ведение горных работ только после приведения массива в неудароопасное состояние. Для этого необходимо выполнять прогноз с периодичностью, установленной инструкцией [15], и в случае прогноза «ОПАСНО» выполнять профилактические мероприятия.

При гидрообработке уголь становится более пластичным, его прочность снижается. При этом значительно увеличивается способность угольного массива воспринимать повышенные напряжения без быстротечного хрупкого разрушения, т. е. снижается вероятность горного удара. Наиболее универсальные модификации гидрообработки – глубинное увлажнение и гидрорыхление.

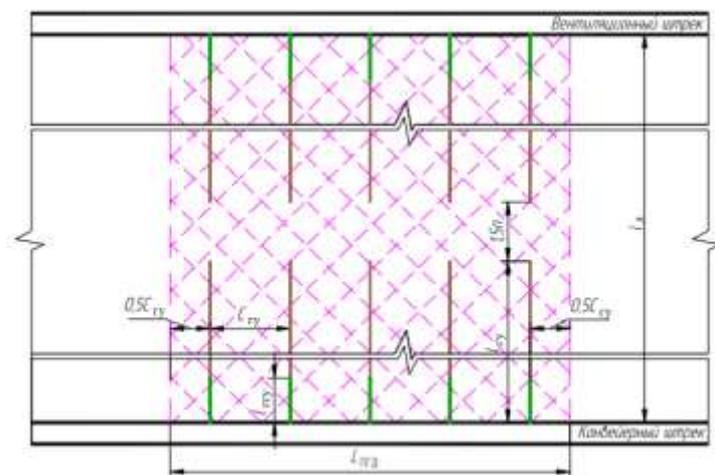


Рис. 10.10. Схема бурения скважин глубинного увлажнения

Глубинное увлажнение применяется для предварительной обработки участков выемочного столба, которые попадают в ЗПГД (рис. 10.10). Нагнетание воды производят в скважины, параллельные забою, пробуренные из выработок, оконтуривающих выемочный столб. Скважины бурят диаметром 76 мм или более.

Участок скважин, на котором происходит нагнетание воды, должен находиться за пределами зоны опорного давления с опережением  $L_{оп}$ . Пробуренные скважины герметизируют гидрозатворами или цементируют.

При гидрорыхлении скважины бурятся из очистного забоя параллельно линии его подвигания (рис. 10.11). Данный локальный способ предотвращения горных ударов может оперативно быть применен в случае прогноза «ОПАСНО». Скважины бурят в пласт, как правило, в краевых частях. Длина участка должна быть не менее  $0,5L$  (где  $L$  – ширина зоны опорного давления).

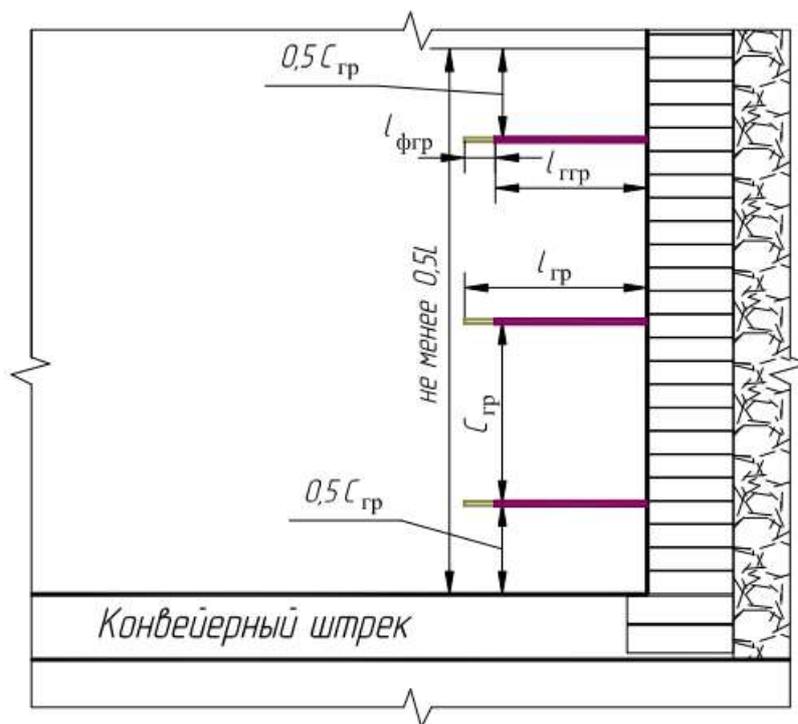


Рис. 10.11. Схема бурения скважин гидрорыхления

### 10.5. Предотвращение внезапных выбросов угля и газа

Внезапные выбросы угля и газа представляют собой серьёзную опасность в условиях высокой газоносности пластов. Чаще всего выбросы происходят в подготовительных забоях, однако зафиксированы случаи возникновения этих явлений и при ведении очистных работ. Известно, что вероятность их возникновения увеличивается с повышением глубины горных работ и увеличением газоносности. Критическая глубина выбороопасности,

например для условий Кузбасса, составляет от 150 до 500 м. В настоящее время для ряда шахт внезапные выбросы представляют серьёзную проблему, решение которой требует привлечения дополнительных производственных ресурсов. Поэтому грамотное планирование горных работ в условиях выбросоопасности является важным и актуальным навыком для горного инженера.

Механизм возникновения внезапных выбросов рассматривался при изучении темы «Напряжённое состояние массива» данного пособия. Из механизма формирования выброса можно определить три основных принципа борьбы с этим явлением:

- повышение газопроницаемости пласта (подработка, надработка, дегазация);
- дренаж (бурение опережающих скважин, гидровывывание полостей, гидроотжим пласта, образование разгрузочных пазов);
- повышение пластичности угля и блокирование в нём метана водой (низконапорное увлажнение, гидрорыхление).

Все эти принципы и соответствующие им способы нашли отражение в нормативном документе, регламентирующем выполнение мероприятий по прогнозу и предотвращению внезапных выбросов [16]. Способы предотвращения внезапных выбросов, согласно этой инструкции, подразделяются на региональные и локальные.

Наиболее эффективными и безопасными являются региональные способы (защитная выемка, дегазация). Важнейшее требование по безопасности на выбросоопасных пластах – ведение горных работ только после приведения массива в неопасное состояние. Для этого необходимо выполнять прогноз с периодичностью, установленной инструкцией [16], и в случае прогноза «ОПАСНО» выполнять профилактические мероприятия.

Существует несколько локальных способов предотвращения внезапных выбросов. Каждый из них имеет свою область применения, достоинства и недостатки. Наиболее безопасными считаются способы, предполагающие применение воды. Вода под давлением блокирует метан в мельчайших угольных порах, что снижает или исключает вероятность загазирования выработки при выполнении способа. Технологические схемы данных способов относительно простые (бурение 2-3 скважин), а расчёты подразумевают определение параметров нагнетания воды.

На рис. 10.12 рассматривается другой локальный способ – бурение опережающих скважин. Он является относительно универсальным, довольно широко и успешно применяется при проведении горных выработок. Опережающие скважины необходимо бурить по наиболее перемятой

(выбросоопасной) пачке пласта. Скважины располагаются рядами в виде веера по наслоению пачки в сечении выработки и за её контуром.

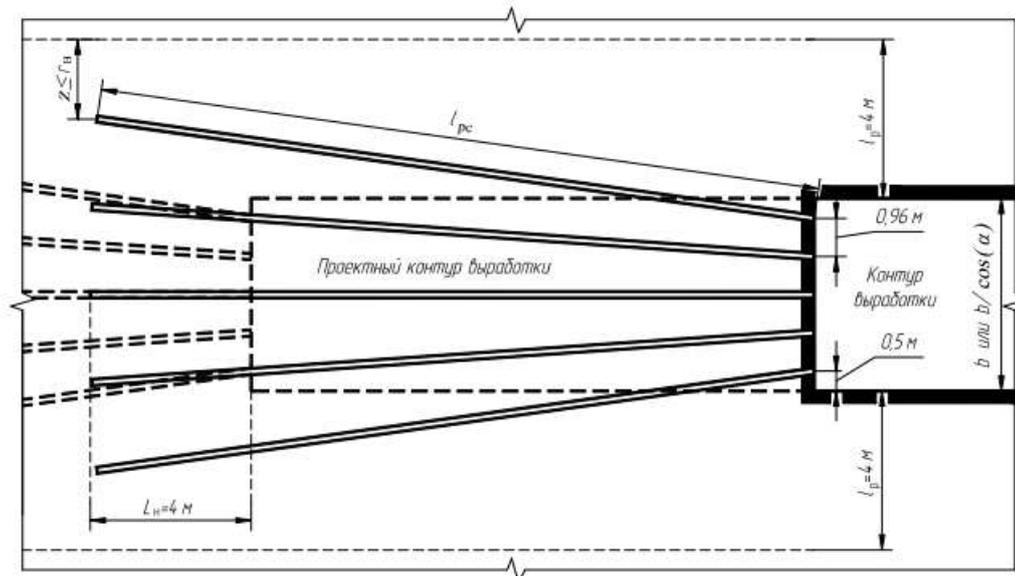


Рис. 10.12. Схема расположения разгрузочных скважин в виде веера (вид в плоскости напластования)

## 10.6. Предотвращение самовозгорания угля

Отработка пластов самовозгорающегося угля сопряжена с опасностью возникновения эндогенных пожаров. Пожар – крайне опасное явление, которое влечёт за собой немедленную остановку горных работ, изоляцию опасного участка и выполнение комплекса мероприятий по тушению пожара. Характерное место возникновения пожара – выработанное пространство. Это обуславливает значительные трудности при его ликвидации.

Вопросы, связанные с отработкой пожароопасных пластов (профилактика, обнаружение, ликвидация), регламентируются рядом специальных нормативных документов.

Все пласты по склонности к самовозгоранию разделены на три категории: не склонные, склонные и весьма склонные. Большинство мощных пластов являются склонными и весьма склонными к самовозгоранию. Возникновение пожара обусловлено совокупным взаимодействием многих факторов. Основными из них являются следующие: склонность угля к самовозгоранию, величина и характер концентрированных скоплений угля в выработанном пространстве (потери и целики), величина и продолжительность притока воздуха и содержание в нём кислорода, тепло- и массообмена между угольным скоплением и фильтрующимся через него воздухом. Исключая или изменяя один из них, можно затормозить процесс самовозгорания угля, что и предусматривается противопожарной профилактикой.

Мероприятия по снижению пожароопасности можно разделить на обработку краевых частей пласта и обработку выработанного пространства

Обработки водными растворами антипирогенов краевых частей пластов угля и целиков производится путём нагнетания этих растворов в предварительно пробуренные шпуровые скважины.

Обработка выработанного пространства осуществляется водными аэрозолями антипирогенов или подачей азота.

Подачу азота рекомендуется применять для источников опасности в виде массовой концентрации угля на протяжении всего (или большей части) обрабатываемого столба (например, обрушаемые в выработанное пространство пропластки мощностью более 0,4 м, потери угля в кровле над выемочными штреками и др.) В остальных случаях можно применять обработку водными растворами антипирогена.

В процессе движения аэрозоля частицы раствора антипирогена оседают и смачивают уголь в выработанном пространстве, что снижает его способность к окислению. Кроме того, повышение влажности угля способствует увеличению продолжительности стадии выпаривания влаги и предупреждению аккумуляции тепла.

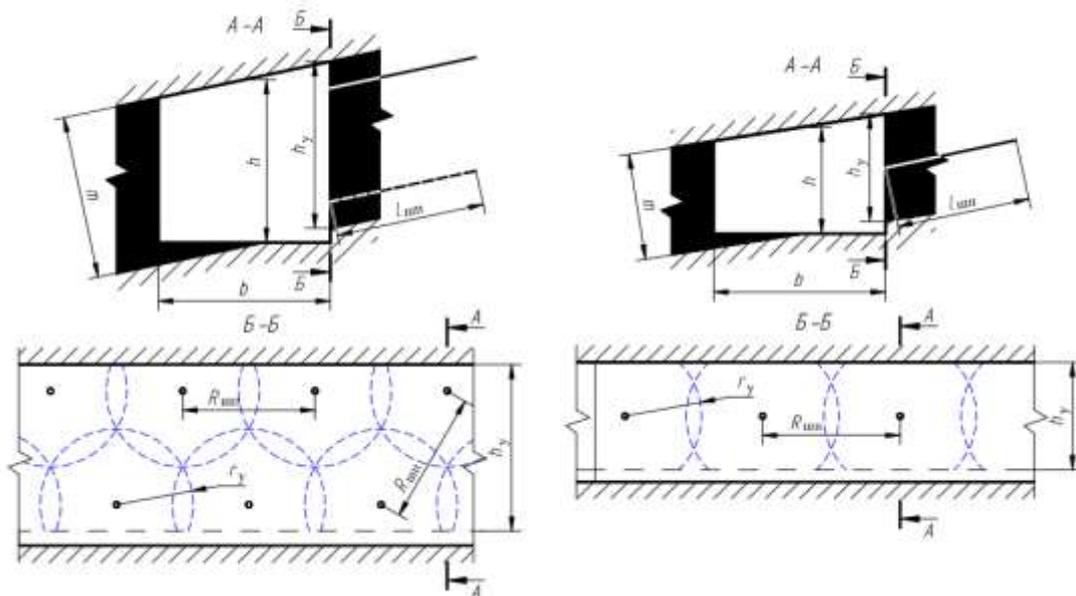


Рис. 10.13. Схемы расположения шпуров обработки целиков угля водными растворами антипирогенов: а – шахматный порядок; б – однорядная

Подача водных растворов в виде аэрозолей производится в потоке утечек воздуха в выработанное пространство на уровне вентиляционного и конвейерного штреков (рис. 10.14). Для обработки концентрированных потерь угля при переходе геологического нарушения при возвратном проветривании подача производится с конвейерного штрека.

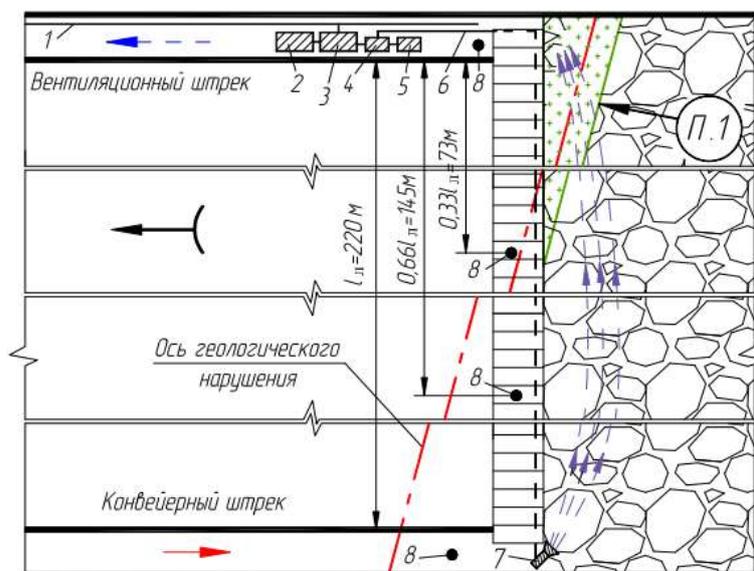


Рис. 10.14. Пример схемы обработки выработанного пространства аэрозолем антипирогена для нейтрализации источника: 1 – противопожарно-оросительный трубопровод; 2 – емкость с антипирогеном; 3 – дозаторное устройство; 4 – высоконапорный насос; 5 – электродвигатель; 6 – высоконапорный шланг; 7 – кольцевой ороситель ОКВ-7; 8– места замера влагосодержания воздуха; П.1 – потери угля при переходе геологического нарушения

Азотная установка располагается на поверхности. Азот для обработки выработанного пространства подаётся в виде инертной пены. Инертная пена вырабатывается пеногенераторами ГПА-1, установленными в непосредственной близости от выработанного пространства (рис. 10.15). Подача инертной пены непосредственно в выработанное пространство производится через перфорированную трубу.

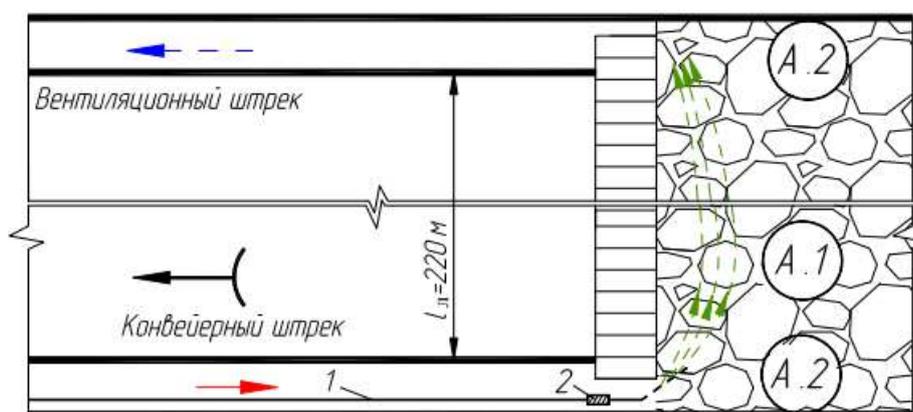


Рис. 10.15. Схема обработки выработанного пространства азотом для нейтрализации источника: 1 – азотный трубопровод; 2 – пеногенератор ГПА-1; А.1 – нерабочие пласты и пропластки в непосредственной кровле разрабатываемых пластов, обрушающиеся в выработанное пространство; А.2 – потери угля в кровле штреков при отработке мощных пластов, когда мощность пласта значительно превышает высоту штрека

## **Контрольные вопросы:**

1. Что понимают под управлением состоянием массива?
2. Перечислите свойства массива, которыми можно управлять.
3. В чём сущность управления кровлей?
4. Какая технология упрочнения неустойчивого массива наиболее распространена в настоящее время?
5. Что такое коэффициент дегазации?
6. Какие способы предотвращения горных ударов вы знаете?
7. Назовите основные принципы борьбы с внезапными выбросами угля и газа.
8. Что такое антипирогены?

## **Практическое занятие №11**

**Тема:** Требования нормативных документов к безопасному проведению горных выработок при проектировании вскрытия и подготовки шахтного поля.

**Цель занятия:** Работа с нормативными документами.

Практическое занятие выполняется по материалам ФЕДЕРАЛЬНЫХ НОРМ И ПРАВИЛ В ОБЛАСТИ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ "ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОСТИ В УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ" [3].

**Задание:** Изучить требования нормативных документов к безопасному проведению горных выработок при проектировании вскрытия и подготовки шахтного поля. Составить конспект основных положений документа.

## **Практическое занятие №12**

**Тема:** Технология очистных работ с применением механизированных комплексов.

**Цель занятия:** Изучение методики выбора механизированной крепи очистного забоя. Изучение технологии массовой добычи угля в длинном очистном забое. Знакомство с расположением оборудования в комплексно-механизированном забое, с процессами, выполняемыми в забое.

В настоящее время очистные работы при отработке пологих и наклонных пластов мощностью до 6,5 м осуществляются с применением механизированных комплексов (рис. 12.1, а) следующим образом:

узкозахватный комбайн – 1 самозарубается косым заездом на уровне конвейерного штрека в угольный пласт на ширину захвата комбайна, равную 0,63; 0,8 м и затем, перемещаясь вдоль забоя в направлении вентиляционного штрека, отбивает уголь от пласта. Отбитый уголь грузится на лавный скребковый конвейер – 2 и транспортируется вдоль забоя в направлении конвейерного штрека. По всей длине забоя установлены линейные секции механизированного комплекса – 3, которые ограждают призабойное пространство от обрушающихся после выемки пласта пород кровли – 14.

Вслед за проходом комбайна между секциями крепи и забоем образуется пространство, равное ширине захвата комбайна. С секций последовательно снимается распор и они принудительно перемещаются в сторону забоя на ширину захвата комбайна, после перемещения распор восстанавливается. Достигнув вентиляционного штрека, комбайн начинает перемещаться в обратном направлении – к конвейерному, зачищая дорожку у почвы пласта. В образовавшееся пространство между конвейером и забоем последовательно задвигаются секции лавного конвейера. После достижения комбайном конвейерного штрека выполнение операций возобновляется в названной выше последовательности: зарубка косыми заездами и т. д. Совокупность процессов и операций, выполняемых и периодически повторяющихся при выемке угля по всей длине очистного забоя на определенное его подвигание, называют выемочным циклом. Таким образом, в рассматриваемом примере один цикл составляет передвижение комбайна от конвейерного штрека к вентиляционному и назад – к конвейерному.

Транспортируемый вдоль забоя уголь перегружается на скребковый конвейер 8, проходит через дробилку 9 и затем с помощью перегружателя 10 грузится на участковый ленточный конвейер 11.

Рассмотренная схема выемки называется односторонней, т.е. выемка осуществляется в одном направлении, в обратном направлении – холостой перегон комбайна с зачисткой конвейерной дорожки и иногда – с выемкой оставляемой угольной пачки у почвы (рис. 12.1, б).

При челноковой схеме выемка угля производится при перемещении комбайна в обоих направлениях (рис. 12.1, в).

Челноковая схема применяется при отработке тонких пластов и пластов средней мощности, односторонняя – при отработке пластов средней мощности и мощных.

Последовательность, взаимная увязка производственных процессов, выполняемых в забое изображается на графике, называемом планограммой работ (рис. 12.2).

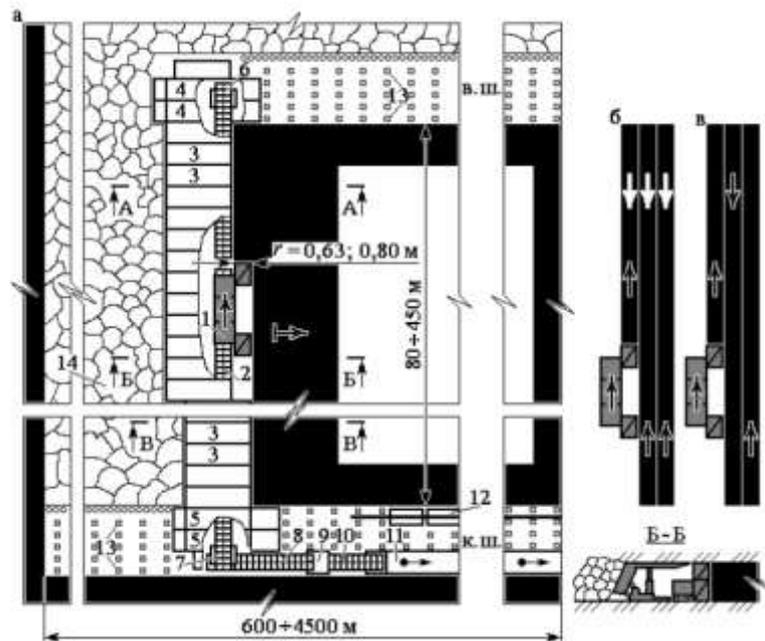


Рис. 12.1. а – схема расположения оборудования в комплексно–механизированном забое; б – односторонняя и в – челноковая схемы выемки угля комбайном; 1 – узкозахватный комбайн; 2 – лавный скребковый конвейер; 3 – линейные секции крепи; 4 – крепи сопряжения лавы с вентиляционным штреком; 5 – крепи сопряжения лавы с конвейерным штреком; 6 – верхний привод лавного конвейера; 7 – нижний привод лавного конвейера; 8 – скребковый конвейер; 9 – дробилка; 10 – перегружатель; 11 – участковый ленточный конвейер; 12 – энергопоезд; 13 – анкерная крепь; 14 – обрушенные породы; – направление движения комбайна при выемке; – направление движения комбайна при холостом перегоне и зачистке конвейерной дорожки; – направление движения отбитого в очистном забое угля; в.ш. – вентиляционный штрек; к.ш. – конвейерный штрек;  $r$  – ширина захвата комбайна.

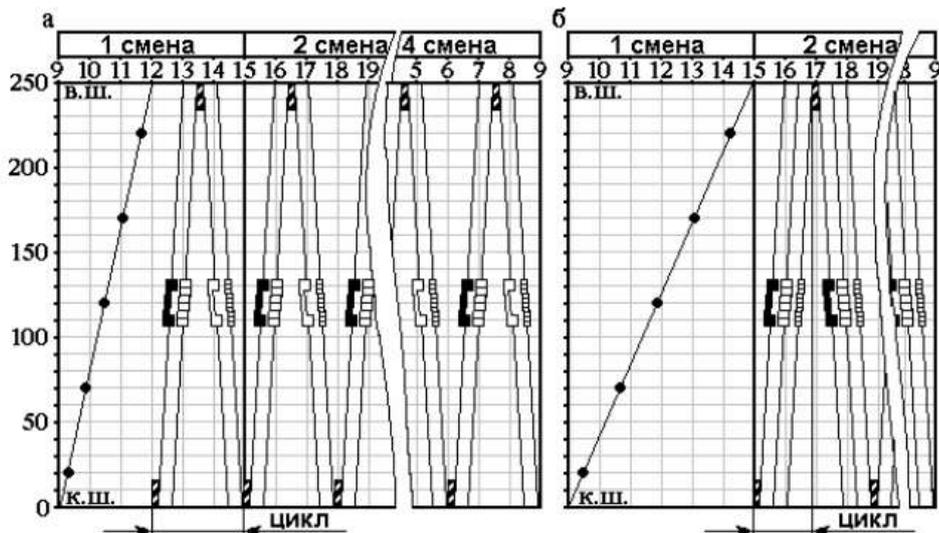


Рис. 13.2. Планограмма работ в комплексно–механизированном забое: а – при односторонней схеме выемки угля; б – при челноковой схеме выемки угля; – планово-предупредительный ремонт; – концевые операции на сопряжениях лавы с конвейерным и вентиляционным штреками; – выемка угля; – передвижка секций крепи; – перегон комбайна с зачисткой дорожки; – передвижка секций лавного конвейера.

При фланговой выемке угля механизированными комплексами необходима подготовка оборудования к выемке очередной полосы угля. Операции, связанные с подготовкой оборудования к выемке очередной полосы угля называют концевыми.

Под концевыми операциями в длинном забое понимается зарубка комбайна косыми заездами; крепление кровли на сопряжениях со штреками; передвижка приводов лавного конвейера, дробилки, перегружателя и т. д. На практике при отработке мощных пластов существует большое количество приёмов отработки. В зависимости от угла падения и мощности мощные пласты делят на наклонные, горизонтальные и поперечно-наклонные слои каждый из которых отрабатывается как пласт средней мощности.

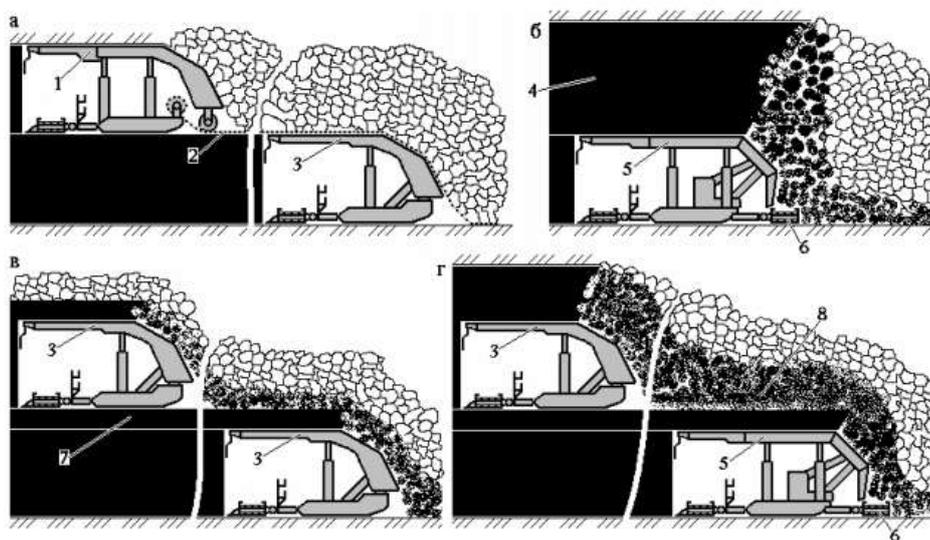


Рис. 12.3. Варианты разработки мощного пласта наклонными слоями:

а – с возведением гибкого межслоевого перекрытия; б – с выпуском подкровельной толщи на завальный конвейер; в – с оставлением межслоевой пачки угля; г – с магазинированием подкровельной толщи и последующим выпуском её на завальный конвейер; 1, 3, 5 – механизированная крепь; 2 – гибкое перекрытие; 4 – подкровельная толщина; 6 – завальный конвейер; 7 – межслоевая пачка; 8 – замагазинированная подкровельная толщина.

При отработке первого слоя механизированным комплексом 1 (рис. 12.3, а) в завале укладывается гибкое перекрытие 2 являющееся поверхностью разделяющей обрушенные породы и остающуюся во втором слое толщину пласта. Затем, с отставанием отрабатывают механизированным комплексом 3 второй слой под гибким перекрытием.

Данный вариант характеризуется минимальными эксплуатационными потерями, однако возведение гибкого перекрытия является очень трудоёмким.

При отработке мощного пласта с выпуском подкровельной толщи 4 на завальный конвейер 6 (рис. 12.3, б) механизированным комплексом 5

специальной конструкции отрабатывают нижний подсечной слой. Оставшаяся подкровельная толща обрушается под давлением вышележащих пород на завальный конвейер, по которому транспортируется в направлении конвейерного штрека.

По данному варианту мощный пласт отрабатывается на всю мощность за один приём, но при выпуске подкровельной толщи на завальный конвейер уголь вследствие зависания не всегда выпускается полностью и остающаяся часть уходит в потери.

Следующим вариантом является слоевая отработка пласта с оставлением межслоевых пачек угля 7 (рис. 12.3, в). Межслоевые пачки оставляются с целью предотвращения проникновения обрушенных пород в очистной забой нижнего слоя. Оставляемые межслоевые пачки увеличивают эксплуатационные потери, повышают пожароопасность и не исключают вывалов угля и пород в призабойное пространство нижних слоёв.

Вариант (рис. 12.3, г) является комбинированным, так как сочетает в себе признаки ранее рассмотренных вариантов. Слой, отрабатываемый в первую очередь, является подсечным для оставляемой подкровельной толщи разрушаемой горным давлением в завале. Затем замагазинированная таким образом подкровельная толща пласта 8 выпускается на завальный конвейер б при отработке следующего слоя. Для данного варианта характерны лучшие показатели по выпуску угля на завальный конвейер по сравнению с вариантом б однако, при отработке пожароопасных пластов возможность самовозгорания замагазинированной части пласта.

### **Контрольные вопросы и задания:**

1. Назовите оборудование, входящее в состав механизированного комплекса.
2. Перечислите последовательность выполняемых процессов при односторонней схеме выемки.
3. Перечислите последовательность выполняемых процессов при челноковой схеме выемки.
4. Изобразите планограмму работ в очистном забое при односторонней схеме выемки (длину лавы и количество циклов принять по согласованию с преподавателем).
5. Изобразите планограмму работ в очистном забое при челноковой схеме выемки (длину лавы и количество циклов принять по согласованию с преподавателем).
6. Изобразите схематично сечения А-А и В-В в соответствии с рис. 12.1.
7. Поясните сущность вариантов отработки мощных пластов.

## Практическое занятие №13

**Тема:** Изучение методики расчета нагрузки на очистной механизированный забой. Требования нормативных документов по безопасности работ в очистных забоях [3].

**Цель занятия:** Изучить основные принципы расчета суточной нагрузки на очистной забой, оборудованный механизированным комплексом.

Существуют различные методики определения нагрузки на забой по технической возможности очистного комбайна. Практически все они представляют собой различные варианты зависимости этого показателя от производительности комбайна (или мощности) и от коэффициента машинного времени. Коэффициент машинного времени показывает, какую часть времени от общего времени рабочей смены комбайн производит отбойку угля от забоя. Он зависит от множества факторов, определяющих особенности ведения очистных работ в каждом конкретном забое.

Коэффициент может быть определен различными расчетными способами или установлен по фактическим данным для условий конкретного пласта или выемочного поля. Поскольку содержание данной дисциплины не предполагает такую детализацию, которая обеспечила бы возможность самостоятельного определения этого коэффициента, в этой работе он указан в исходных данных.

### 1. Расчет допустимой нагрузки на забой по техническому фактору

Воспользуемся классической формулой для определения нагрузки на забой по технической возможности очистного комбайна:

$$A_{\text{ср к}} = T_{\text{см}} \cdot n_{\text{см}} \cdot Q_{\text{к}} \cdot K_{\text{м}}, \quad (2.7)$$

где  $A_{\text{ср к}}$  – нагрузка на забой по технической возможности очистного комбайна, т;  $T_{\text{см}}$  – продолжительность добычной смены, мин;  $n_{\text{см}}$  – количество добычных смен в сутки (принимается 3);  $Q_{\text{к}}$  – максимальная производительность комбайна, т/мин (см. табл. 2.4);  $K_{\text{м}}$  – коэффициент машинного времени.

Значение  $Q_{\text{к}}$  достижимо только в определенных условиях разработки и, в частности, зависит от мощности пласта. Поэтому необходимо выполнить проверку требуемой скорости очистного комбайна  $V_{\text{к}}$ , т. е. сравнить ее с максимально возможной по технической характеристике  $V_{\text{к max}}$ . Для этого вначале установим ее величину:

$$V_{\text{к}} = \frac{l}{t_{\text{вц}}}, \quad (2.8)$$

где  $V_k$  – требуемая скорость комбайна, м/мин;  $l$  – длина очистного забоя, м (указана в исходных данных);  $t_{вц}$  – время выемки угля за цикл, мин.

Время выемки угля за цикл определяется по формуле

$$t_{вц} = \frac{Q_{ц}}{Q_k \cdot c}, \quad (2.9)$$

где  $t_{вц}$  – время выемки угля за цикл, мин;  $Q_{ц}$  – добыча с цикла, т;  $c$  – коэффициент извлечения угля в очистном забое (0,95÷0,98).

$$Q_{ц} = m \cdot r \cdot l \cdot \gamma \cdot c, \quad (2.10)$$

где  $m$  – вынимаемая мощность пласта, м;  $l$  – длина очистного забоя, м;  $r$  – ширина захвата комбайна, м;  $\gamma$  – плотность угля, т/м<sup>3</sup>;  $c$  – коэффициент извлечения угля в очистном забое (0,95÷0,98).

Если  $V_k \leq V_{k \max}$ , то проверочное условие выполнено и расчет  $A_{ср к}$  закончен.

Если  $V_k > V_{k \max}$ , то окончательно принимается максимально возможная скорость подачи очистного комбайна  $V_{k \max}$ . В этом случае необходимо определить уточненное время выемочного цикла  $t_{вц у}$  и производительность комбайна  $Q_{ку}$ :

$$t_{вц у} = \frac{l}{V_{k \max}}; \quad Q_{ку} = \frac{Q_{ц}}{t_{вц у} \cdot c}. \quad (2.11)$$

Далее производится повторный расчет  $A_{ср к}$  по формуле (2.7) с использованием значения  $Q_{ку}$ .

## 2. Расчет допустимой нагрузки на забой по газовому фактору

Известно, что при отбойке и разрушении угля из него выделяется газ метан. Чем больше угля отбивается, тем больше газа выделяется в рудничную атмосферу. Важнейшим требованием по безопасности ведения горных работ является недопущение превышения максимально допустимой концентрации метана. Для исходящей струи очистного забоя это 1 %. Поскольку для проветривания забоя (разбавления метана) можно подать ограниченное количество воздуха, то для каждого очистного забоя рассчитывается максимально возможный объем добычи из условия не превышения максимально допустимой концентрации метана. Это и есть допустимая нагрузка по газовому фактору. В данной работе для ее определения воспользуемся методикой, основанной на требованиях нормативного документа [2]. Определение некоторых составляющих

представленной далее методики зависит от схемы проветривания выемочного участка. Поэтому сразу отметим, что далее представлен вариант, подходящий для схем с последовательным разбавлением метана по источникам выделения при направлении исходящей струи на массив (классический вариант возвратноточного проветривания).

$$A_{\text{ср г}} = \left( \frac{q_p \cdot A_p}{1440} \right)^{-1,67} \left( \frac{Q_p}{194} \right)^{1,93} A_p, \quad (2.12)$$

где  $A_{\text{ср г}}$  – допустимая нагрузка по газовому фактору, т;  $q_p$  – относительная метанообильность выемочного участка, м<sup>3</sup>/т;  $A_p$  – предполагаемая добыча, т;  $Q_p$  – параметр, который зависит от схемы проветривания выемочного участка, пропускной способности очистной выработки по воздуху и других факторов.

Расчет относительной метанообильности является отдельной инженерной задачей, не рассматриваемой в рамках этой дисциплины. В данной работе ее значение указано в исходных данных.

Очевидно, что предполагать добычу больше возможности комбайна не следует. Подставлять меньшее значение сразу не имеет смысла, так как данная методика является саморегулируемой, о чем будет пояснено ниже. Поэтому в качестве предполагаемой добычи подставляем значение нагрузки на забой по технической возможности очистного комбайна  $A_{\text{ср к}}$ .

Параметр  $Q_p$  определяется по формуле

$$Q_p = 60 S_{\text{оч min}} \cdot V_{\text{max}} \cdot k_{\text{ут в}} (C - C_0), \quad (2.13)$$

где  $S_{\text{оч min}}$  – минимальная площадь поперечного сечения очистного забоя, свободная для прохода воздуха, м<sup>2</sup>;  $V_{\text{max}}$  – максимально допустимая по ПБ скорость воздуха в очистном забое, м/с ( $V_{\text{max}} = 4$  м/с);  $k_{\text{ут в}}$  – коэффициент, учитывающий утечки воздуха через выработанное пространство;  $C$  – допустимая по ПБ концентрация метана в исходящей струе лавы, %;  $C_0$  – концентрация метана в поступающей на выемочный участок вентиляционной струе, %.

Минимальная площадь сечения призабойного пространства комплексно-механизированного очистного забоя может быть приблизительно рассчитана по формуле

$$S_{\text{оч min}} = (0,6 \div 0,7) B \cdot m_{\text{min}}, \quad (2.14)$$

где  $B$  – длина секции механизированной крепи, м;  $m_{\min}$  – минимальная мощность пласта, м. Коэффициент, учитывающий утечки воздуха через выработанное пространство, определяется по номограмме, представленной на рис. 2.1.

После того как произведен расчет по формуле (2.12), полученное значение  $A_{\text{ср г}}$  сравнивают с  $A_p$ . Дальнейшие действия в зависимости от результата сравнения представлены в табл. 2.5.

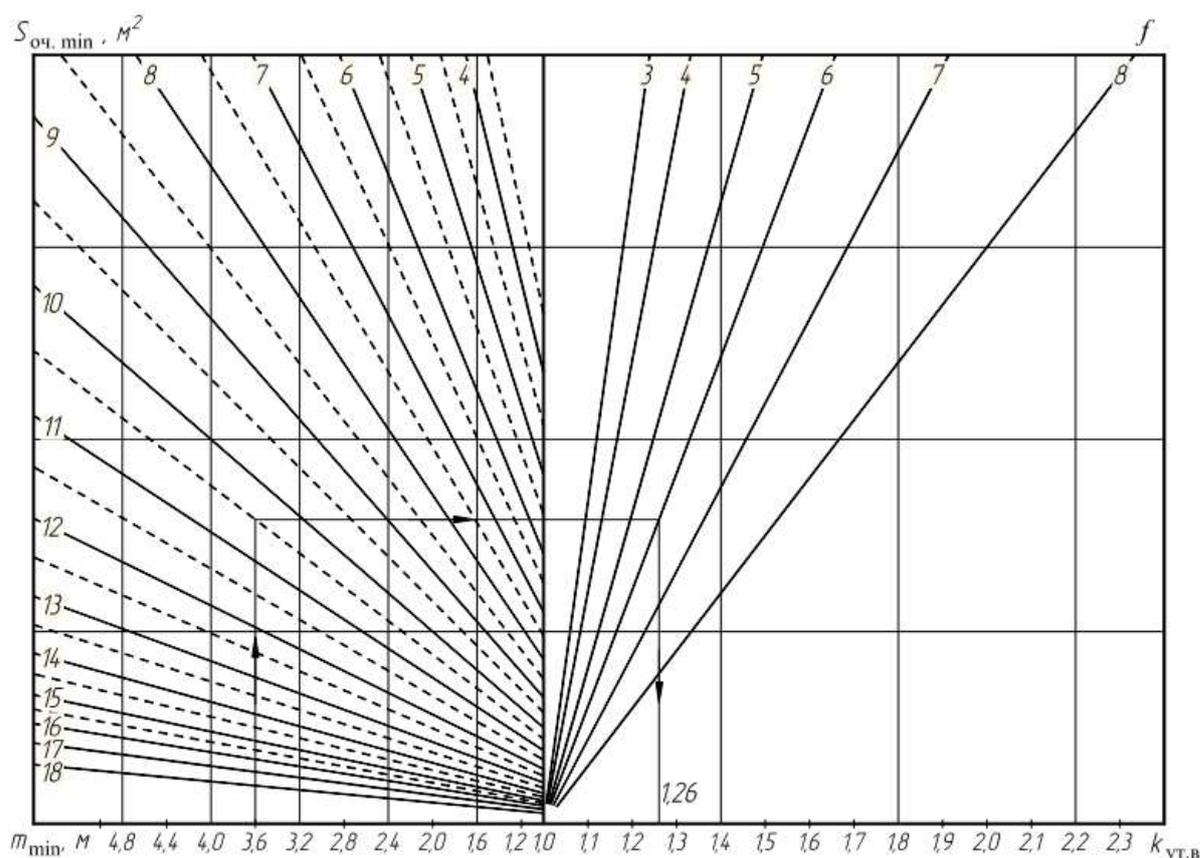


Рис. 2.1. Номограмма для определения  $k_{\text{ут.в}}$

Таблица 2.5

Алгоритм действий при сравнении  $A_{\text{ср г}}$  с  $A_p$

№	Условие	Действие
1	$A_{\text{ср г}} \approx A_p$ (разница менее 3 %)	Расчет $A_{\text{ср г}}$ окончен, переходим к следующему разделу работы
2	$A_{\text{ср г}} > A_p$ (разница более 3 %)	Расчет $A_{\text{ср г}}$ окончен. Для дальнейших расчетов принимаем значение $A_p$ , т. е. $A_{\text{ср к}}$ и переходим к следующему разделу работы
3	$A_{\text{ср г}} < A_p$ (разница более 3 %)	Необходимо уменьшить значение $A_p$ и повторить расчет. Действие повторяется, пока не выполнится условие 1. Затем переходим к следующему разделу работы

## **Контрольные вопросы:**

1. Назовите основное оборудование, входящее в состав очистного механизированного комплекса.
2. От чего зависит значение требуемого сопротивления крепи  $R_{кр\ p}$ ?
3. В чем сущность определения нагрузки на очистной забой?
4. Какая максимально допустимая концентрация метана в исходящей струе очистного забоя?
5. По какому фактору определена нагрузка на очистной забой в данной работе?

## **Практическое занятие №14**

**Тема:** Процессы в очистном механизированном забое. Организация работ в очистном забое. Определение состава очистной бригады, составление графика выходов. Построение планограммы-графика цикличной организации работы забоя.

**Цель занятия:** Изучить какие основные и вспомогательные процессы происходят в очистном забое. Научиться выполнять построение планограммы-графика цикличной организации работы забоя.

### **1. Организация работ в очистном забое**

В настоящее время применяется челноковая и односторонняя схема работы очистного комбайна в забое. Считается, что челноковая схема более производительная. Однако при некоторых горно-геологических условиях целесообразно применять одностороннюю схему. В данной работе во всех вариантах принимается челноковая схема.

Планограмму принято строить на сутки. Она представляет собой график, на котором отражается в пространстве и времени выполнение различных процессов и операций. Изображается она, как правило, в масштабе 1:2000. Для построения планограммы необходимо знать продолжительность всех не совмещенных процессов и операций, выполняемых в течение суток. Условно их можно распределить на следующие группы:

- планово-предупредительный ремонт  $T_{пр}$ ;
- подготовительно-заключительные операции  $T_{пз}$ ;
- выемка угля комбайном  $t_{вц\ с}$ ;
- различные технологические операции, которые необходимо выполнять для функционирования очистного забоя,  $T_{то}$ .

Планово-предупредительный ремонт предусматриваем в первую смену, которая в таком случае называется ремонтно-подготовительной ( $T_{пр} = 360$  мин).

Подготовительно-заключительные операции выполняются в начале и конце рабочей смены. Их суммарную продолжительность в одной смене можно принять 15–20 мин.

Скорректированное время выемки угля за цикл определено выше по формуле (2.19). При челноковой схеме во время выемки угля происходит задвижка секций крепи и передвижка забойного конвейера, что отражается на планеграмме.

В последнюю группу входят все технологические операции, выполняемые после каждого цикла (самозарубка комбайна, работы на сопряжениях и др.), и все другие операции, выполняемые в течение добычных смен, но не после каждого цикла. Чем больше времени они занимают, тем меньше коэффициент машинного времени. Как было сказано выше, в рамках этой дисциплины не рассматривается детализация этих вопросов. Поэтому для упрощения все эти операции собраны в одну группу и будут отмечаться на планеграмме после каждого цикла. Продолжительность этой группы можно определить по формуле

$$T_{то} = \frac{(T_{см} - T_{пз})n_{см} - t_{вцс} \cdot n_{ц}}{n_{ц}}, \quad (2.22)$$

где  $T_{то}$  – продолжительность различных технологических операций, мин;  $T_{см}$  – продолжительность смены, мин;  $T_{пз}$  – продолжительность подготовительно-заключительных операций, мин;  $n_{см}$  – число смен;  $t_{вцс}$  – скорректированное время выемки угля за цикл, мин;  $n_{ц}$  – число циклов.

Принцип построения планеграммы показан на рис. 1.1.

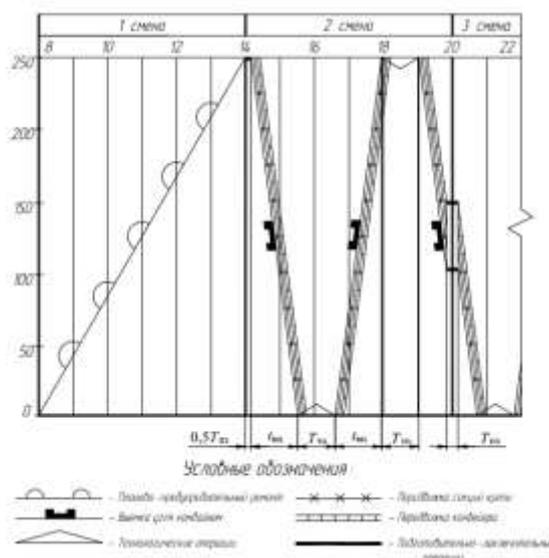


Рис. 1.1. Построение планеграммы работ в очистном забое

График выходов рабочих составляется на сутки в виде таблицы. Для более точного расчета числа рабочих используют методику, основанную на нормах выработки. В данной работе для его составления применена наиболее простая методика – расстановка по рабочим местам. Такой подход позволяет определить минимальное число рабочих, необходимое для ведения очистных работ в смену. К ним относятся: машинист горно-выемочной машины (МГВМ), его помощник, горнорабочие очистного забоя (ГРОЗ). Также на очистном участке каждую смену выполняют свои обязанности электрослесари и горнорабочие подземные (ГРП). Далее, в примере выполнения работы, представлен график выходов, рекомендуемый для всех вариантов.

**График выходов рабочих**

Профессия	Разряд	Число рабочих				В сутки	Смены			
		I	II	III	IV		I	II	III	IV
МГВМ	VI	1	1	1	1	4	■	■	■	■
Помощник МГВМ	V	–	1	1	1	3		■	■	■
ГРОЗ	V	5	6	6	6	23	■	■	■	■
Эл. слесарь	V	4	1	1	1	7	■	■	■	■
ГРП	III	5	2	2	2	11	■	■	■	■
<b>ВСЕГО</b>		<b>15</b>	<b>11</b>	<b>11</b>	<b>11</b>	<b>48</b>				

Рис.1.2. График выходов рабочих очистного участка

## **2. Построение плана очистного забоя**

План очистного забоя (рис. 2.3) является одним из главных элементов графической части технической документации очистного участка. Строится он, как правило, в масштабе 1:100.

На плане показывают выработки, оконтуривающие выемочный столб, сам очистной забой, применяемое оборудование и другие элементы, в зависимости от необходимой степени детализации. При построении необходимо воспользоваться данными о ширине штреков Вк ш и Вк ш (указана в исходных данных), длине и ширине секций крепи очистного забоя (см. п. 1 работы). Размещение монорельсовой дороги и конвейера в штреках (величина зазоров и прохода для людей) должно соответствовать требованиям ПБ [1]. При этом во всех вариантах рекомендуется принять ленточный конвейер КЛК-1000, а ширину подвижного состава монорельсовой дороги 1000 мм.

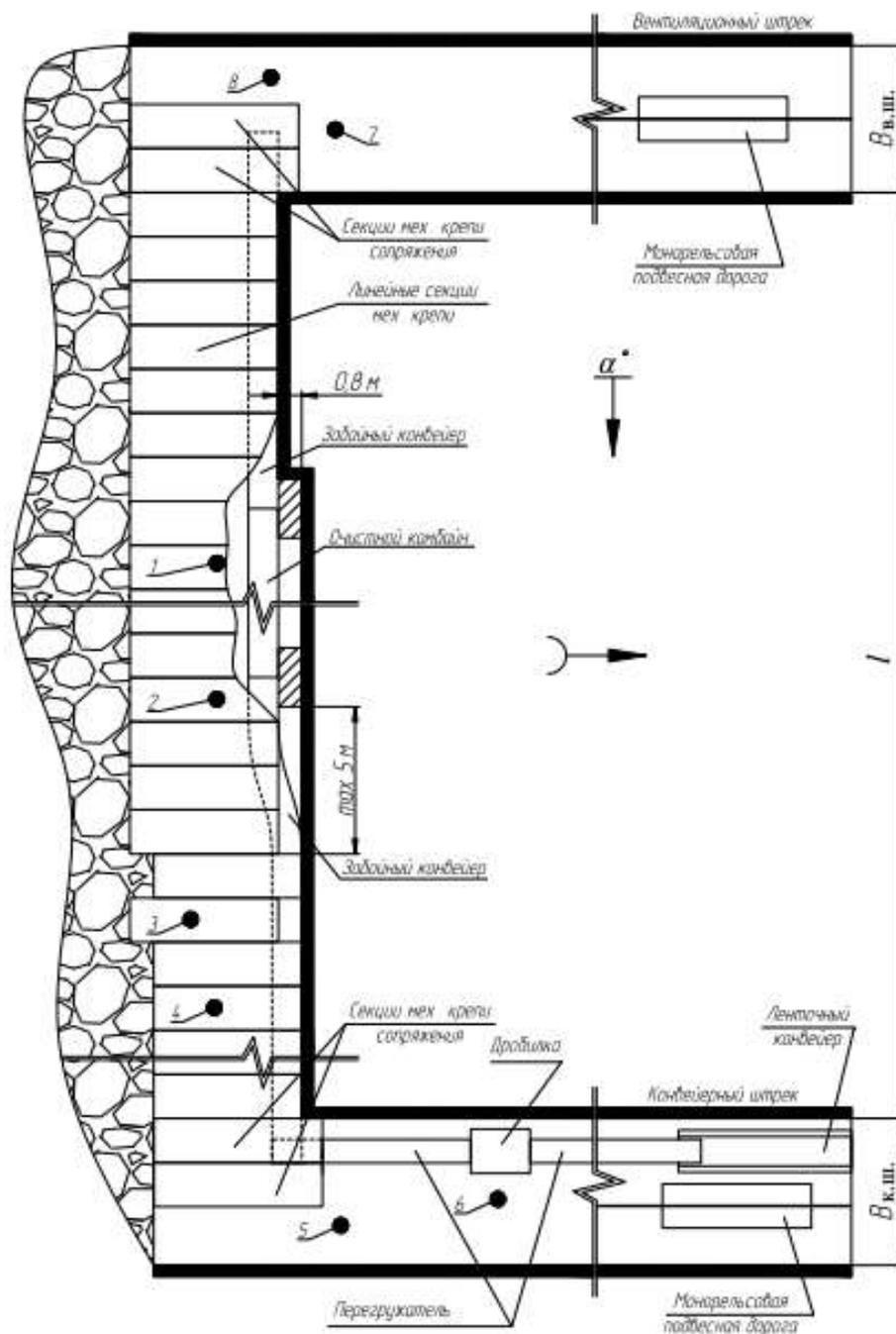


Рис. 2.1. План очистного забоя: 1 – МГВМ; 2 – помощник МГВМ; 3, 4 – ГРОЗ (машинист крепи); 5, 6, 7, 8 – ГРОЗ (верхнее и нижнее сопряжение)

### Контрольные вопросы:

1. Назовите основные технологические процессы в очистном забое.
2. Опишите челноковую схему работы выемочного комбайна.
3. Объясните, что такое подготовительно-заключительные операции.
4. На какой промежуток времени составляется планограмма-график циклической организации работы забоя.
5. Как составляется график выходов рабочих.

## Практическое занятие №15

**Тема:** Понятие об участковой себестоимости добычи угля из очистного забоя, технико-экономические показатели по забою.

**Цель занятия:** Изучение методики расчета участковой себестоимости добычи угля из очистного забоя. Техничко-экономические показатели по забою.

### 1. Определение участковой себестоимости 1 т угля

Расчет себестоимости добычи угля, как и других сложных технологических процессов на современном горном предприятии, является довольно трудоемким и выполняется специалистами с соответствующей подготовкой. Поэтому в рамках данного практического занятия приводится пример упрощенного расчета участковой себестоимости, учитывающий "классические" затраты: материалы, заработную плату, электроэнергию и амортизацию основного оборудования.

Суточные затраты по каждой позиции приблизительно можно определить из табл. 17–20. Стоимость горно-шахтного оборудования, материалов, тарифные ставки, нормы амортизации принимаются по учебным пособиям [17, 18] или другим, более современным источникам.

При расчете фонда заработной платы также учитываются надбавки за ночные и вечерние смены, за руководство звеном или бригадой, за выполнение плана и др. В последнее время руководство РФ предписывает увеличивать именно тарифную (окладную), т. е. гарантированную составляющую в заработной плате, уменьшая тем самым долю различных коэффициентов и надбавок.

Для расчета затрат на электроэнергию необходимо установить все оборудование (потребителей) очистного забоя, работающих на электроэнергии. Затем определяется продолжительность работы каждого потребителя электроэнергии за сутки.

При этом продолжительность работы в ремонтно-подготовительную смену можно принять как 20 % от продолжительности рабочей смены. Мощность электродвигателей принимается согласно технической характеристике.

После определения всех видов затрат себестоимость 1 т угля определяется по формуле:

$$C = \frac{C_M + C_3 + C_a + C_э}{Q_{сут}}, \text{ руб}$$

где:  $C$  - участковая себестоимость 1т угля, руб;  $C_M$  - затраты на материалы, руб;  $C_3$  – затраты на заработную плату, руб;  $C_a$  – суточные амортизационные отчисления, руб;  $C_э$  - затраты на электроэнергию, руб;  $Q_{сут}$  – суточная нагрузка на забой, т.

Расчет участковой себестоимости 1 т угля по видам затрат представлены в таблицах:

Расчет суточного фонда заработной платы - табл. 1.1;

Затраты на материалы – табл. 1.2;

Затраты на электроэнергию – табл. 1.3;

Суточные амортизационные отчисления – табл. 1.4.

Расчет суточного фонда заработной платы  $C_3$

Табл. 1.1

Профессия работающих	Разряд	Число работающих в сутки	Тарифная ставка, руб	Тариф за сутки, руб	Коэф. перевыполн.	Районный коэф.	Заработная плата, руб
МГВМ	VI	4	69,006	1656,2	1.1	1.3	2369,3
Помощник МГВМ	V	4	59,324	1423,8	1.1	1,3	2036
ГРОЗ	V	35	59,324	12458	1.1	1,3	17815
Эл.слесарь ППР	V	9	59,324	4271,4	1,1	1,3	4581
Эл.слесрь деж.	IV	3	52,012	936,2	1,1	1,3	1339
ГРП	III	6	46,135	5260,9	1,1	1,3	7523,1
Итого по рабочим:		64					35663,4

Затраты на материалы  $C_M$

Табл. 1.2

Материалы	Ед. измерения	Расход на цикл	Расход на сутки	Стоимость за ед., руб	Сумма затрат, руб
Реж. зубки	шт.	436 т/ц·0,02кг/т= 8,7	52,2	839	43795,8
Масло маш.	кг	436 т/ц·0,01кг/т= 4,4	39,6	26,4	1045,4
Эмульсия	кг	436 т/ц·0,15кг/т= 65,4	392,4	29,2	11458,1
Солидол	кг	436 т/ц·0,003кг/т=1,3	7,8	312,8	2439,8
Итого:					58739,2

Затраты на потребляемую электроэнергию  $C_3$ 

Табл. 1.3

Потребитель электроэнергии	Общая мощность, кВт	Время работы, час	Расход электроэнергии за сутки, кВт·час	Тариф, 1кВт·час, руб	Затраты, руб
Комбайн 4LS-20	640	20	16240	3,00	48720
Конвейер AFG	1600	20	32000	3,00	96000
Дробилка IT-30	150	20	3000	3,00	9000
Перегружатель SBL30/300/150	150	20	3000	3,00	9000
Ленточный конвейер 2ЛТ100У	2 x 110	20	4400	3,00	13200
Итого:					175920

Затраты на амортизацию  $C_a$ 

Табл. 1.4

Наименование оборудования	Кол-во единиц	Цена, т. руб	Норма амортизации, %	Отчисления, руб	
				годовая	суточная
Комбайн 4LS-20	1	46031619	22,2	1021901941,8	2919719,8
Мех. крепь RS-3200/870	1	251348197	34,3	8621243157,1	24632123,3
Лавный конвейер AFG	1	14545026	24	3490806,2	9973,7
Дробилка IT-30	1	4921000	33,3	1638693	4682,0
Перегружатель SBL30/300/150	1	15605190	18,9	2949380,9	8426,8
Крепь сопряжения RS-3200/870	4	7958300	34,3	2968459,2	8481,3
2ЛТ100У	1	2400000	20	240000	685,7
Итого:					275840,9

Себестоимость 1 т угля равна:

$$C = \frac{35663,4 + 58739,2 + 175920 + 275840,9}{2616} = 208,8 \text{руб / т}$$

## 2. Сводная таблица показателей

Табл. 2.1

Наименование показателей		Единицы измерения	Значение
1. Способ подготовки транспортного горизонта		индивидуальная	
2. Схема подготовки пласта		панельная	
3. Система разработки		Длинными столбами	
4. Количество выемочных столбов		шт.	5
5. Длина выемочных столбов		м	2400
6. Средняя мощность пласта		м	1,7
7. Угол падения пласта		град	3-5
8. Длина очистного забоя		м	250
9. Очистное оборудование	Крепь	RS-3200/870	
	Комбайн	4LS-20	
	Конвейер	AFG	
10. Количество циклов в сутки		шт.	6
11. Добыча с цикла		т	436
12. Суточная нагрузка на очистной забой		т	2616
13. Скорость подвигания очистного забоя		м/сут	4,8
14. Количество ГРОЗ		чел.	35
15. Продолжительность МДР		сут.	16,1
16. Средства механизации МДР	Дизель-гидравлических локомотивов с подъемными устройствами, лебедками	ЛСП-70ДО ЛМТ-300	
17. Участковая себестоимость добычи 1т угля		руб.	208,8
18. Производительность труда		т/вых.	74,7

### Контрольные вопросы:

1. Из каких видов затрат складывается себестоимость 1 т угля.
2. Каким образом определяется суточный фонд заработной платы.
3. Что учитывается при определении затрат на материалы.
4. Как определяются затраты на электроэнергию.
5. Как определяются амортизационные отчисления.

## Список литературы.

### а) основная литература:

1. Городниченко, В. И. Основы горного дела: учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению «Горн. дело» (квалификация - бакалавр техники и технологии) и по специальности «Физ. процессы горн. или нефтегаз. пр-ва» направления подготовки «Горное дело» / В. И. Городниченко, А. П. Дмитриев. – М.: Горная книга, 2008. – 464 с. – Текст: непосредственный.
2. Основы горного дела. Подземная геотехнология. Практикум [Электронный ресурс]: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подгот. "Горн. дело" и "Физ. процессы горн. и нефтегазового пр-ва" / К. А. Филимонов, Ю. А. Рыжков, Д.В. Зорков, Р.Р. Зайнулин; ФГБОУ ВПО "Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т.Ф. Горбачева" , 2012. – 144 с. // <http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=90812&type=utchposob:common>
3. ФЕДЕРАЛЬНЫЕ НОРМЫ И ПРАВИЛА В ОБЛАСТИ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ "ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОСТИ В УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ"
4. Трубецкой, К.Н. Основы горного дела: учебник / К.Н. Трубецкой, Ю.П. Галченко; под ред. акад. К.Н.Трубецкого. – М.: Академический Проект, 2010. – 231 с. – Текст: непосредственный.
5. Пучков, Л.А. Подземная разработка месторождений полезных ископаемых: учебник для вузов: В 2 т. /Л.А. Пучков. – М.: Горная книга. – 2013. – Т. 2. – 720 с. – Текст: непосредственный.

### б) дополнительная

6. Технология подземных горных работ [Текст]: учебное пособие для студентов вузов, изучающих дисциплины «Технология подземных горных работ», «Основы разработки месторождений твёрдых полезных ископаемых (подземная геотехнология)», «Технологические основы отраслевого производства в горной промышленности», Основы подземной добычи», «Подземная геотехнология», «Основы горного дела (подземная геотехнология)», «Подземная разработка рудных месторождений» и др. дисциплин горного профиля / К. А. Филимонов, В. А. Карасев; ФГБОУ ВО «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева», Каф.разраб. месторождений полез. Ископаемых. – Кемерово, 2017. – 187 с. Доступна электронная версия: <http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=91665&type=utchposob:common>

7. Пучков, Л. А. Подземная разработка месторождений полезных ископаемых: Учебник для вузов: В 2 т./ Л. А. Пучков, Ю.А. Жежелевский. – М.: Издательство Московского государственного горного университета, издательство «Горная книга», «Мир горной книги». – 2009. – Том 1. – 562 с. – Текст: непосредственный.
8. Егоров, П.В. Подземная разработка пластовых месторождений: учебное пособие / П.В. Егоров, Е.А. Бобер, Ю.Н. Кузнецов, О.В. Михеев, Б.В. Красильников – 4-е изд., стер. – М.: Горная книга, 2016. – 224 с. – Текст: непосредственный.
9. Технологические схемы подготовки и отработки выемочных участков на шахтах ОАО «СУЭК Кузбасс»: Альбом. Серия «Библиотека горного инженера». Т.3 «Подземные горные работы». Кн. 12 / В. Н. Демура [и др.]. – Москва: Горное дело ООО «Киммерийский центр», 2014. – 256 с. – Текст: непосредственный.
10. Инструкция по выбору способа и параметров разупрочнения кровли на выемочных участках / М-во угольной пром-сти СССР. Всесоюз. ордена Трудового Красного Знамени НИИ горн. геомех. И маркшейд. дела. – Ленинград, 1991. – 102 с.
11. Методическое руководство по упрочнению неустойчивых горных пород нагнетанием полиуретанового состава. – Москва, 1985. – 29 с.
12. Временное руководство по упрочнению неустойчивого горного массива нагнетанием фенолформальдегидного состава на шахтах Кузбасса / КузНИУИ. – Прокопьевск, 1991. – 36 с.
13. Технологические схемы упрочнения неустойчивого горного массива нагнетанием фенолформальдегидного скрепляющего состава на шахтах Кузбасса. – Прокопьевск, 1991. – 36 с.
14. Инструкция по дегазации угольных шахт (Регистрационный № 22811 от 29 декабря 2011 г.).
15. Инструкция по безопасному ведению горных работ на шахтах, разрабатывающих угольные пласты, склонные к горным ударам (РД 05-328-99).
16. Инструкция по безопасному ведению горных работ на пластах, опасных по внезапным выбросам угля (породы) и газа (РД 05-350-00).
17. Скукин, В. А. Экономика горного производства и менеджмент : учеб. пособие / В. А. Скукин, А. Н. Супруненко, Л. С. Скрынник. – Кемерово : Кузбассвуиздат, 2007. – 478 с.
18. Скукин, В. А. Экономика при проектировании шахт и рудников. Справочные данные по Кузнецкому бассейну : учеб. пособие / В. А. Скукин, А. Н. Супруненко ; ГУ КузГТУ. – Кемерово, 2008. – 54 с.

## Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Электронная библиотека КузГТУ <https://elib.kuzstu.ru/>
2. Электронная библиотечная система «Лань» <http://e.lanbook.com>
3. Электронная библиотечная система Новосибирского государственного технического университета  
[https://library.kuzstu.ru/method/ngtu\\_metho.html](https://library.kuzstu.ru/method/ngtu_metho.html)
4. Электронная библиотечная система «Юрайт» <https://urait.ru/>
5. Информационно-справочная система «Технорматив»:  
<https://www.technormativ.ru/>

Составитель  
Аксененко Виталий Владимирович

ПОДЗЕМНАЯ РАЗРАБОТКА  
МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ  
Методические материалы для выполнения практических работ

Печатается в авторской редакции