

А. Б. КОВАЛЬЧУК

ГОРНОЕ ДЕЛО

СРЕДНЕТЕХНИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ



А. Б. КОВАЛЬЧУК

ГОРНОЕ ДЕЛО

*Допущено
Министерством угольной промышленности СССР
в качестве учебника
для учащихся горных техникумов*



МОСКВА "НЕДРА" 1991

ББК 33.1
К 56
УДК 622(075.32)

Рецензенты: проф., д-р техн. наук *К. Н. Адилов*, горный инженер
Д. И. Минаева

Ковальчук А. Б.

К 56 Горное дело: Учеб. для техникумов.— М.: Недра, 1991.— 319 с
ил.

ISBN 5-247-01301-8

Приведены сведения о геологии и дана краткая характеристика основных угольных месторождений страны. Рассмотрены производственные процессы при подземной и открытой добыче угля и применяемые средства механизации работ, способы и схемы вскрытия, подготовки, системы разработки шахтных и карьерных полей, а также вентиляция, освещение, борьба с подземными пожарами и горноспасательное дело. Изложены основы горной электротехники и горной механики, обогащения угля и маркшейдерского дела.

Для учащихся горных техникумов.

К $\frac{2502040000-202}{043(01)-91}$ 123—91

ББК 33

ISBN 5-247-01301-8

© А. Б. Ковальчук, 1991

Современные горнодобывающие предприятия характеризуются высоким уровнем концентрации и механизации горных работ при постоянно усложняющихся горно-геологических условиях. В связи с этим растет ответственность инженерно-технических работников за правильность и обоснованность технических решений, принимаемых как на стадии проектирования, так и на стадиях строительства и эксплуатации горнодобывающих предприятий. Указанное требует глубоких знаний по технологии и техническим средствам ведения горных работ при добыче полезных ископаемых не только у специалистов-производственников, но и у работников плановых служб горных предприятий.

Настоящий учебник написан в соответствии с программой курса «Горное дело» для учащихся горных техникумов, обучающихся по специальности «Планирование на предприятиях горной промышленности». В учебнике в систематизированном виде изложены необходимые для будущей практической деятельности сведения по технологии горного производства. Из всего многообразия технологических схем, производственных процессов, отдельных горных машин и устройств автор в меру сил и возможности старался выделить главные, позволяющие обучающемуся получить законченное представление о существе предмета.

В написании разделов 5, 9 и 13 участвовал канд. техн. наук С. А. Силютин.

1. УСЛОВИЯ И ЭЛЕМЕНТЫ ЗАЛЕГАНИЯ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

1.1. Горные породы и минералы

Земная кора — верхняя твердая оболочка Земли. Мощность земной коры изменяется от 5—10 (12) км под водами океанов до 30—40 км в равнинных областях и до 50—75 км в горных районах материков.

Земная кора состоит из *горных пород* — естественных минеральных агрегатов определенного состава и строения, сформировавшихся в результате геологических процессов.

Плотность горных пород, слагающих земную кору, колеблется от 2,4 — 2,5 до 2,9—3 г/см³. В среднем плотность горных пород земной коры может быть принята равной 2,8 г/см³.

Отложения горных пород, из которых состоит земная кора, принято делить на группы, называемые эр а м и. Земная кора включает породы (в направлении сверху вниз) кайнозойской, мезозойской, палеозойской, протерозойской и археозойской эр. Слои пород, принадлежащие одной эре, разделяются на периоды (системы), системы — на отделы, а отделы — на ярусы.

Горные породы состоят из *минералов* — природных химических соединений или самородных элементов, образованных в результате физико-химических процессов. В настоящее время известно более двух тысяч минералов. Минералами, представляющими собой химические соединения, являются поваренная соль, железная руда, кварц и др. Примерами самородных элементов могут служить золото, алмаз и самородная сера.

Горные породы и минералы образуются под влиянием процессов, происходящих в земной коре. Выделяют три группы процессов формирования горных пород и минералов — эндогенные, экзогенные и метаморфические.

Эндогенные процессы протекают на различных глубинах от поверхности под влиянием температуры и давления. При охлаждении и затвердении магмы в глубинных частях земной коры образуются *магматические породы* (гранит, сиенит, диорит, габбро), а в результате вулканических процессов на земной поверхности — *изверженные (излившиеся) породы* (диабаз, андезит, базальт и др.).

Экзогенные процессы происходят в верхних частях земной коры и на ее поверхности под влиянием изменения температуры, воды, углекислого газа, а также вследствие разложения органических соединений. В результате их действия образуются *осадочные породы*, к которым относятся песчаники, сланцы, известняки, каменная соль и др.

Метаморфогенные процессы происходят под влиянием эндогенных сил и при изменении условий. Метаморфизм — процесс изменения внутреннего строения, химического состава и физических свойств горных пород под влиянием высокой температуры и давления. Видоизмененные в результате метаморфизма горные породы называются метаморфическими. Наиболее распространенные породы этого типа — кварциты, мраморы, слюдяные сланцы и др.

Минералы и горные породы, которые добывают из недр для практического использования, называются *полезными ископаемыми*. Минералы и горные породы, не имеющие практического значения в настоящее время, представляют собой *пустые породы*.

1.2. Виды ископаемых углей

Ископаемый уголь представляет собой твердую горючую осадочную породу органического происхождения, содержащую некоторое количество минеральных примесей.

В упрощенном виде процесс образования углей, происходивший в несколько стадий, можно представить следующим образом. Стадия образования торфа характеризуется накоплением на дне болот и озер растительных остатков и их разложением при участии микроорганизмов в условиях дефицита кислорода. Содержание углерода в торфе не превышает 25—35%. В процессе углефикации торфяников образуется лигнит, занимающий промежуточное положение между торфом и бурым углем. Образование лигнита происходит под небольшим покровом осадочных пород.

Следующая стадия углеобразовательного процесса — образование бурого угля, при котором остатки отмерших растений подвергаются дальнейшему превращению и обогащаются кислородом. В результате в составе бурых углей появляются новые вещества, не обнаруженные в торфах. Процесс превращения растительных остатков из торфа в лигнит и бурый уголь называют *диагенезом*.

На следующей, более высокой стадии углефикации происходит превращение бурого угля в каменные угли и далее в антрациты, которое называют *метаморфизмом углей*. В результате метаморфизма изменяются физико-химические свойства углей, уменьшается в них содержание кислорода и растёт содержание углерода. Рыхлые бурые угли приобретают черный цвет, блеск и большую плотность.

В зависимости от степени углефикации изменяется также содержание летучих компонентов в углях (табл. 1.1).

1.3. Элементы залегания угольных пластов

Комплекс осадочных пород, содержащий угольные пласты, называется *угленосной толщей*. Угленосная толща представлена в основном однообразными осадками, состоящими из чередующихся слоев глинистых слан-

Таблица 1.1

Уголь	Содержание, %		
	углерода	водорода	соединений кисло- рода и азота
Бурый	70	5,5	24,5
Каменный	82	5	13
Антрацит	95	2	3

цев и песчаников. Относительно редко встречаются слои известняков и конгломератов.

Разрезы угленосной толщи показывают, что накопление осадков происходило не непрерывно, а периодически, с определенными промежутками полного прекращения осадконакопления. Такая закономерность в осадконакоплении получила название циклической седиментации.

Угольным пластом называют скопление угольного вещества, распространенное на значительной площади и заключенное между почти параллельными плоскостями (поверхностями) напластования пород, из которых одна является кровлей, а другая — почвой. Пласт может быть простого и сложного строения (рис. 1.1). Пласт однородного строения называют простым, а пласт неоднородного строения, имеющий включения (прослойки) других пород, — сложным. *Пропластки* — пласты, мощность которых недостаточна для разработки.

Части пласта полезного ископаемого, разделенные прослойками или имеющие различные свойства, представляют собой *угольные пачки*. Пласты бывают пересечены параллельными трещинами, по которым уголь отделяется легче, чем по другим направлениям. Такие трещины называются *кливажем*.

Несколько пластов определенного состава, залегающих на небольшом расстоянии друг от друга, образуют *свиту пластов*.

Положение пластов в земной коре определяется элементами залегания, к которым относятся линии простираения и падения.

Линия простираения пласта — линия пересечения плоскости пласта с горизонтальной плоскостью. Положение линии простираения опреде-

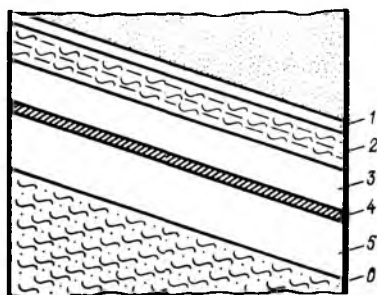


Рис. 1.1. Строение угольной залежи:

1 — пропласток; 2 — кровля пласта;
3, 5 — соответственно верхняя и
нижняя пачки пласта; 4 — прослойка;
6 — почва пласта

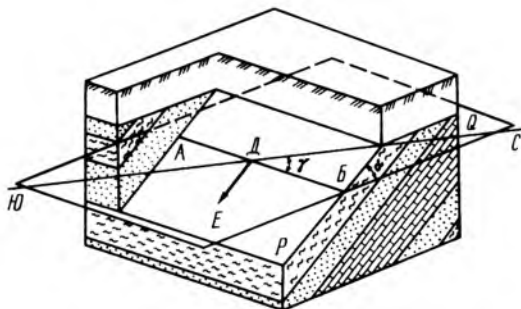


Рис. 1.2. Элементы залегания пласта:

АВ линия простирания; ДЕ линия падения; СЮ направление меридиана; γ угол простирания; α — угол падения; Q горизонтальная плоскость; P плоскость пласта

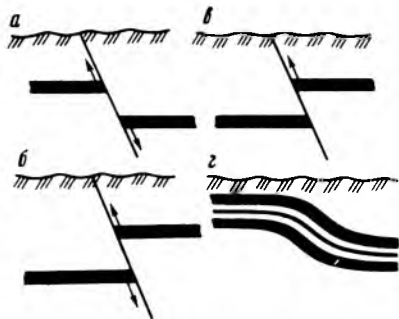


Рис. 1.3. Нарушения залегания угольных пластов:

а — сброс; б — взброс, в — надвиг; г — флексура

ляется углом простирания, который измеряют по направлению движения часовой стрелки от северного направления меридиана до линии простирания (рис. 1.2).

Линией падения пласта называют линию, образующую наибольший угол со своей проекцией на горизонтальную плоскость.

Углом падения пласта — угол между линией падения и ее проекцией на горизонтальную плоскость.

Мощностью пласта называют кратчайшее расстояние между кровлей и почвой пласта. Мощность одного и того же пласта может сильно изменяться по его простиранию и падению.

Под влиянием тектонических процессов, протекающих в земной коре, происходят нарушения в залегании пластов. В результате движения земной коры пласты, которые при образовании были горизонтальными, занимают наклонное положение и могут принять опрокинутое положение, при котором более молодые породы будут располагаться ниже пласта.

Изгибы пластов в результате тектонического процесса могут принять форму *складок*. Складки, обращенные изгибом вверх, называются *антиклинальными*, а обращенные вниз — *синклинальными*. Небольшие складки, обращенные изгибом вниз, представляют собой *мульды*.

Наиболее частые нарушения залегания пластов — сброс и надвиг (рис. 1.3). При сбросе пласт с вмещающими породами опускается, при надвиге — поднимается. Месторождение может быть пересечено несколь-

кими плоскостями нарушений. Существуют нарушения в залегании пласта, распространившиеся только на данный пласт. К таким нарушениям относятся утонение, выклинивание, вздутие и расщепление пласта.

Вопросы для самоконтроля

1. Каковы основные процессы формирования горных пород и минералов?
2. Что такое полезные ископаемые и пустые породы?
3. Какова последовательность образования ископаемого угля?
4. Что такое угленосная толща и какие породы входят в нее?
5. Каково строение угольных пластов?
6. Что такое простирание и падение угольных пластов?
7. Каковы основные виды тектонических нарушений залегания угольных пластов?

2. ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЕ РАБОТЫ. ЗАПАСЫ И ПОТЕРИ ПОЛЕЗНОГО ИСКОПАЕМОГО

2.1. Поиски и разведка полезных ископаемых

Разработке месторождения полезного ископаемого предшествует установление запасов, качества и условий залегания, а также целесообразности его разработки.

Геологоразведочные работы на угольном месторождении зависят от характера его залегания. Существуют угольные месторождения, у которых пласты имеют выход на поверхность. Выход пласта обычно состоит из выветренного угля и прикрыт наносами поздних пород. Такие месторождения называют **открытыми**. Угольные месторождения, у которых пласты не выходят на поверхность, а на всем протяжении располагаются на некоторой глубине от поверхности, называют **закрытыми**. Исторически добыча ископаемого угля начала развиваться в первую очередь на месторождениях, имевших выход пластов под наносы.

Геологоразведочные работы делятся на две части. Первая часть геологоразведочных работ называется поисками, вторая — разведкой.

Целью **поисков** являются обнаружение месторождения и его перспективная геологическая оценка. Во время поисковых работ по намеченным маршрутам осматривают естественные обнажения по рекам и оврагам, а также искусственные обнажения, образованные при строительных и других работах.

Разведка представляет собой комплекс геологоразведочных работ по определению ряда геолого-промышленных параметров, всесторонне характеризующих месторождение и необходимых для его промышленной оценки, проектирования и строительства горного предприятия. Выделяются следующие стадии разведки: предварительная, детальная и эксплуатационная.

При предварительной разведке выявляют промышленную ценность месторождения и получают данные для составления проекта детальная

разведки. Приближенно определяют качество и запасы угля, а также горнотехнические и гидрогеологические условия. При установлении отсутствия промышленной ценности месторождения предварительная разведка является завершающим этапом геологоразведочных работ.

Детальная разведка проводится на месторождениях, промышленное значение и ценность запасов полезных ископаемых которых установлены данными предварительной разведки. Задача детальной разведки — подготовка данных для проектирования промышленного освоения месторождения. На этой стадии геологоразведочных работ устанавливают мощность пластов, качество угля, наличие нарушений в залегании пластов, гидрогеологические условия, газоносность пластов и склонность углей к самовозгоранию.

Эксплуатационная разведка проводится в процессе разработки месторождения для уточнения геологического строения шахтного поля, условий залегания и качественной характеристики полезного ископаемого.

Основными способами выполнения геологоразведочных работ являются проведение специальных разведочных горных выработок (разведочные каналы, шурфы, квершлагги), бурение разведочных скважин и использование геофизических методов (электрометрия, магнитометрия, гравиметрия, сейсмометрия и радиометрия).

2.2. Запасы и потери полезного ископаемого

Обширная площадь сплошного, часто непрерывного развития угленосных отложений с подчиненными им пластами угля, образовавшимися в результате единого геологического процесса, называется *бассейном*.

Под угольным месторождением подразумевают или какую-нибудь часть бассейна, или небольшую по площади и запасам угля часть земной коры, хотя бы и обособленную.

Месторождение называется промышленным в тех случаях, когда его разработка экономически целесообразна. Экономическая целесообразность разработки месторождения устанавливается на основе сведений о запасах и характеристики месторождения. Такие данные можно получить только после проведения детальной разведки. В зависимости от степени разведанности запасы делят на четыре категории, обозначаемые буквами А, В, С₁, С₂.

К категории А относятся детально разведанные и изученные запасы, дающие полное представление о форме и строении тел полезного ископаемого, его качестве и технологических свойствах. В категорию В включают разведанные и изученные запасы, обеспеченные сведениями об основных особенностях и условиях залегания полезного ископаемого. Запасы категории С₁ дают общее представление об условиях залегания и строении месторождения. Наконец, к категории С₂ относятся запасы, сведения о которых формируются на основе изучения единичных проб и образцов, общих геологических и геофизических исследований.

Проектирование, строительство новых и реконструкция действующих горных предприятий, в частности угольных шахт, производятся при на-

личии запасов категорий А, В, С₁, утвержденных Государственной комиссией по запасам полезных ископаемых. Эта же комиссия устанавливает соотношение между категориями А, В и С₁. Так, для строительства и реконструкции угольных шахт запасов категории А+В должно быть не менее 50%, причем запасов категории А должно быть не менее 20%.

Различают запасы угля геологические, балансовые и промышленные. К геологическим запасам относят весь объем полезного ископаемого, сосредоточенный в пределах месторождения. Балансовые запасы — это геологические запасы за вычетом запасов, которые в данное время не разрабатываются по экономическим соображениям (малая мощность пластов, высокая зольность углей, сложные условия залегания пластов). Балансовые запасы угля записываются на баланс шахты как принятые к разработке. Запасы угля, не принятые к подсчету, называются забалансовыми. Они могут быть включены в балансовые позднее по мере совершенствования технологии добычи.

При разработке месторождения не все балансовые запасы ($Q_{бал}$) удастся извлечь и выдать на поверхность. Горное предприятие проектируется на промышленные запасы ($Q_{пром}$), которые получают из балансовых путем исключения проектных потерь полезного ископаемого $Q_{п}$:

$$Q_{пром} = Q_{бал} - Q_{п}.$$

Отношение промышленных запасов к балансовым называют коэффициентом извлечения полезного ископаемого. Его значение изменяется в достаточно широких пределах — от 0,95 для тонких пластов до 0,8 для мощных.

При разработке месторождения различают следующие потери:

общешахтные — запасы в целиках, не подлежащие выемке, под сохраняемыми зданиями, сооружениями и природными объектами на поверхности, а также в целиках, оставляемых на границах шахтных полей и у границ безопасного ведения горных работ. При разработке пологих и горизонтальных пластов потери в околоствольных целиках составляют 0,5—2% балансовых запасов, при разработке крутых пластов — 1,5—4%. Прочие потери не регламентируются;

эксплуатационные, зависящие от принятой системы разработки и способов выемки угля. Эксплуатационные потери при разработке тонких угольных пластов составляют 5—19%, средней мощности — 10—25% и мощных — 20—25%.

Количество полезного ископаемого, добываемого из месторождения, оценивается коэффициентом потерь, который зависит от горно-геологических условий (мощность, угол падения, тектоническая нарушенность и т. д.) и выражается отношением количества потерянных балансовых запасов к количеству погашенных балансовых запасов.

2.3. Угольные месторождения и бассейны

Запасы каменных и бурых углей на территории нашей страны сосредоточены в 25 угольных бассейнах, нескольких крупных угленосных площадях и более чем в 650 отдельных месторождениях.

Общие геологические запасы ископаемых углей в СССР до глубины 1800 м (для каменных углей) и 600 м для бурых достигают 6800 млрд т, в том числе балансовых 5730 млрд т. Из них 630 млрд т составляют запасы категорий А, В, С₁, С₂.

Краткая характеристика основных угольных бассейнов страны приведена в табл. 2.1.

Распределение общих запасов угля по стране неравномерно. Угольные бассейны в европейской части страны находятся на стадии установившихся объемов добычи или даже ее снижения (Подмосковный и частично Донецкий бассейны).

Угольные бассейны, расположенные в азиатской части страны (Кузнецкий, Канско-Ачинский и Карагандинский), являются основными перспективными районами развития угольной промышленности. К числу малоосвоенных угольных бассейнов, имеющих значительную перспективу развития, относится Южно-Якутский угольный бассейн, располагающий запасами каменных углей ценных марок.

Общим для всех угольных бассейнов является увеличение глубины разработки. Диапазон вынимаемой мощности пластов в ближайшей перспективе не претерпит значительных изменений. За счет некоторого уменьшения доли пластов, залегающих под углом 0—12°, произойдет увеличение удельного веса пластов с углом падения до 12—18°. Характерным для разработки пластов в основных угольных бассейнах является постепенный рост удельного веса пластов с неустойчивыми и весьма неустойчивыми кровлями. Прогнозируется значительное увеличение доли разрабатываемых пластов с газоносностью 15—25 м³/т в Кузбассе при сохранении существующего положения с выемкой газоносных пластов в Карагандинском и Печорском угольных бассейнах. В целом наблюда-

Таблица 2.1

Угольный бассейн	Геологические запасы, млрд т	Площадь бассейна, тыс. км ²	Балансовые запасы (А + В + С ₁), млрд т	Преобладающая мощность пластов, м	Глубина разработки, м
Донецкий	140,8	60	49,7	0,45—1,2	400—800
Кузнецкий	636	26,7	79,4	1,3—3,5	350—500
Карагандинский	51,3	3,6	8,2	0,7—2,5	300—500
Печорский	344,5	120	8,2	0,2—4,5	600—800
Канско-Ачинский	473	50*	112,5	70	80—100
Подмосковный	11,8	120**	4,1	1,5—2	50—80

* Площадь центральной части бассейна.

** В том числе 70 тыс. км² — южное крыло (собственно Подмосковный бассейн).

ется тенденция ухудшения горно-геологических условий разработки месторождений.

Вопросы для самоконтроля

1. На какие части и стадии делятся геологоразведочные работы?
2. На какие категории делятся запасы полезного ископаемого по степени разведанности?
3. Какие бывают потери полезного ископаемого при разработке месторождений?
4. Что представляет собой коэффициент извлечения полезного ископаемого из недр?

Часть II

ГОРНЫЕ РАБОТЫ. ПРОВЕДЕНИЕ И КРЕПЛЕНИЕ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

3. ГОРНЫЕ ВЫРАБОТКИ И СВОЙСТВА ГОРНЫХ ПОРОД

3.1. Горные выработки, их назначение и классификация

Полости в земной коре, образуемые при извлечении полезных ископаемых, называются *горными выработками*. Горные выработки проводят как по полезному ископаемому, так и по пустым породам.

Работы, связанные с сооружением горных выработок, содержанием их в исправном состоянии и при необходимости с их ликвидацией, называют *горными работами*.

Шахта — самостоятельная производственно-хозяйственная единица, добывающая полезные ископаемые подземным способом. Горное предприятие, объединяющее под общим административно-хозяйственным и техническим руководством две и более шахты, представляет собой *шахтоуправление*.

Понятие «шахта» включает все сооружения на земной поверхности и под землей, в том числе и подземные выработки, при помощи которых осуществляются технологические процессы подготовки, добычи и транспортировки полезного ископаемого потребителю.

Термин «рудник» употребляется в двух значениях: как шахта, добывающая минеральное сырье, содержащее металлы и их соединения, или неметаллические полезные ископаемые, и как горнодобывающее предприятие, объединяющее несколько близко расположенных шахт.

Горные выработки разделяются: по назначению (разведочные и эксплуатационные); по положению относительно земной поверхности (открытые, подземные); по положению в пространстве (вертикальные, наклонные, горизонтальные).

К разведочным горным выработкам относятся траншеи, шурфы, штольни, буровые скважины, разведочные квершлагы, штреки, уклоны, орты, гезенки и др. Целью проведения разведочных выработок является определение контуров месторождения полезного ископаемого или определенной его части, числа пластов, установление элементов и условий залегания полезного ископаемого, его качества и запасов и т. п., а также получение сведений о возможности и целесообразности промышленной разработки месторождения.

Большинство разведочных выработок по условиям их проведения, крепления и некоторым другим параметрам в принципе не отличается от соответствующих эксплуатационных выработок.

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

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

Подземные эксплуатационные выработки делятся на вскрывающие, подготовительные и очистные. К *вскрывающим горным выработкам* относятся основные выработки, вскрывающие запасы в шахтном поле (стволы, штольни, главные квершлагы).

Подготовительные выработки — выработки, проводимые при подготовке отдельных частей шахтного поля к очистной выемке. По назначению они подразделяются на выработки главных или основных направлений (этажные квершлагы, основные и полевые штреки, участковые бремсберги и уклоны) и прочие подготовительные выработки.

Очистными называют выработки, служащие для непосредственной выемки полезного ископаемого.

Если мысленно разрезать горную выработку плоскостью, перпендикулярной к ее продольной оси, получим поперечное сечение горной выработки. Формы поперечного сечения выработок бывают круглыми, квадратными, прямоугольными, арочными (сводчатыми) и др. Выбор формы поперечного сечения зависит от горно-геологических условий, назначения выработки, материала крепи, срока службы и некоторых других факторов.

Нижнюю часть периметра поперечного сечения горизонтальных и наклонных выработок принято называть почвой выработки, верхнюю — кровлей выработки, боковые стороны — боками выработки. В вертикальных и крутонаклонных выработках, пройденных по пласту, вместо терминов «почва» и «кровля» нередко употребляют выражения «лежащий бок» и «висячий бок» соответственно.

Место, откуда начиналось проведение данной выработки, называется ее устьем. Бывают исключения из этого правила, главным образом при

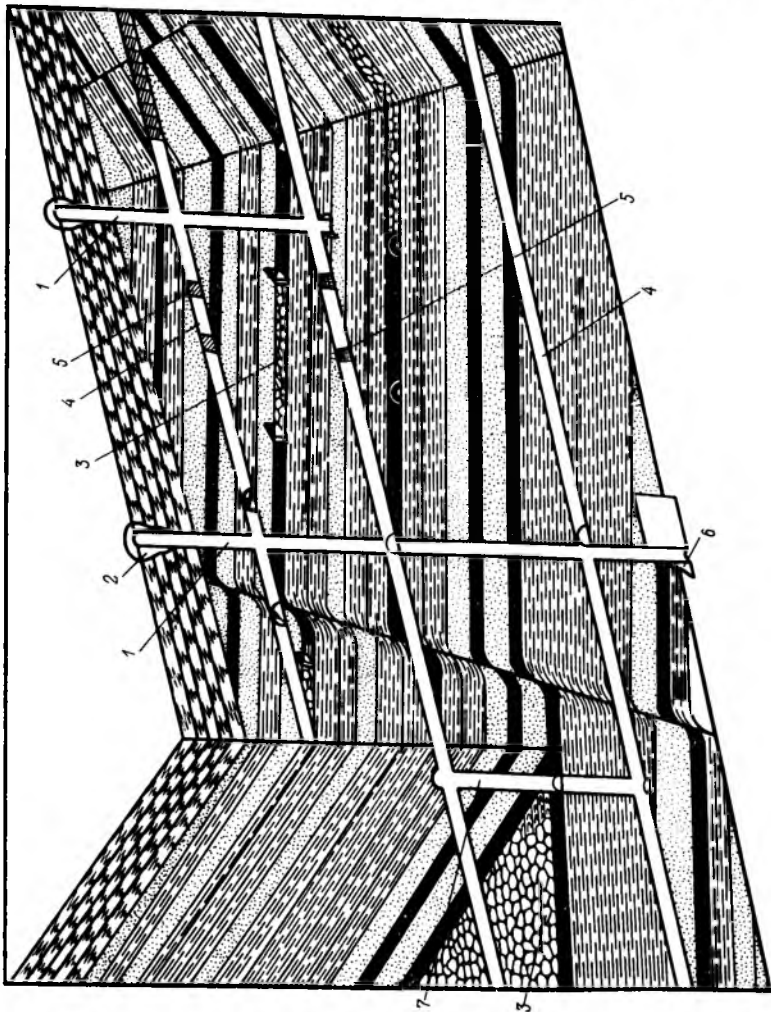


Рис. 3.1. Схема расположения горных выработок:

- 1 — стволы; 2 — устье ствола; 3 — выработанное пространство; 4 — кварцшлаг; 5 — штреки; 6 — зумпф; 7 — генеральный

проведении уклонов и бремсбергов снизу вверх. Устьем таких выработок считается место, где они соединяются с вышерасположенной горизонтальной выработкой, чаще всего штреком.

Забоем выработки называют место разрушения массива горных пород. Примыкающая к забою часть выработки, где непосредственно ведутся работы по ее проведению, представляет собой *призобойное пространство*. Место соединения нескольких выработок (чаще двух, реже трех) называют *сопряжением горных выработок*.

Расположение горных выработок в пространстве, их названия и назначение рассмотрим применительно к рис. 3.1.

3.2. Вертикальные выработки

Ствол — вертикальная горная выработка, имеющая выход на дневную поверхность. Устье ствола — сопряжение ствола с земной поверхностью. Часть ствола, пройденная ниже уровня откаточного горизонта, называют *зумпфом*. Он предназначен для размещения подъемного (транспортного) оборудования, сбора и откачки воды и ряда других целей. Следует сказать, что на шахте всегда имеется несколько выработок одного и того же наименования. Различие между однотипными выработками устанавливается путем указания в названии выработки ее узкого назначения. Так, ствол, по которому производят подъем полезного ископаемого на поверхность, называют *главным*, а ствол, по которому осуществляют спуск-подъем людей, спуск материалов и оборудования, подъем породы, — *вспомогательным*. Ствол может быть также вентиляционным, водоотливным, закладочным, лесоспускным и т. п. Если один и тот же ствол предназначен для выполнения нескольких работ, его называют по наименованию основной.

Слепой ствол — вертикальная горная выработка, не имеющая непосредственного выхода на поверхность и предназначенная для подъема угля (породы), спуска-подъема людей, оборудования и материалов между горизонтами шахты.

Гезенк — вертикальная горная выработка, не имеющая непосредственного выхода на дневную поверхность и служащая для спуска угля (породы) под действием собственного веса, передвижения людей, проветривания и др.

Шурф — вертикальная (реже наклонная) неглубокая горная выработка, проводимая с поверхности и служащая для геологоразведочных и эксплуатационных работ. На действующих шахтах шурфы используют для проветривания, спуска в шахту оборудования и материалов и в качестве запасного выхода на поверхность.

Скважина также представляет собой горную выработку — вертикальную, горизонтальную (реже наклонную), проводимую в разведочных или эксплуатационных целях с земной поверхности или из подземных выработок.

На действующих шахтах скважины служат для доразведки запасов, осушения, вентиляции, электроснабжения, спуска лесоматериалов, про-

филактической заилровки выработанного пространства, тушения подземных пожаров и других целей.

3.3. Горизонтальные выработки

Абсолютно горизонтальных выработок на шахтах почти не существует из-за необходимости обеспечения стока подземных вод к определенному месту шахты и придания рельсовым путям «уклона равного сопротивления». Подавляющее большинство выработок, которые называются горизонтальными, проводятся с уклоном в 3—5‰.

Штольня — горизонтальная горная выработка, имеющая непосредственный выход на поверхность. Она служит для вскрытия запасов полезного ископаемого, транспортирования и вентиляции.

Штрек — горизонтальная горная выработка, не имеющая непосредственного выхода на поверхность и проводимая по простиранию пласта (месторождения полезного ископаемого). Штреки проводят для подготовки запасов и обеспечения непосредственной работы по их выемке. По назначению штреки подразделяются на групповые, обслуживающие несколько сближенных пластов, основные транспортные и вентиляционные, промежуточные транспортные и вентиляционные, вспомогательные (дренажные, дегазационные и т. п.). Штреки, проводимые по пустым породам параллельно простиранию пласта, называют полевыми. При горизонтальном залегании пласта штреками называют все протяженные выработки, пройденные по любому направлению.

Вспомогательная горная выработка, проводимая по пласту параллельно штреку и соединяемая с ним через определенные промежутки сбоями, называется *просеком*.

Орт — горизонтальная выработка, пройденная по пласту полезного ископаемого вкрест простирания от почвы до кровли и не имеющая выхода на поверхность.

Квершлаг — горизонтальная выработка, не имеющая непосредственного выхода на поверхность и пройденная по пустым породам вкрест их простирания. Он служит для вскрытия, подготовки и отработки запасов в шахтном поле или его части.

Тоннель — горизонтальная выработка, имеющая два выхода на поверхность. Его назначение аналогично назначению штольни или квершлага.

Сбойка — короткая (не более 50 м) выработка, соединяющая между собой две другие параллельные, значительной длины горные выработки различного назначения. Служит для вентиляции, транспортировки грузов и движения людей между соединенными выработками.

Камера — подземная выработка большой площади поперечного сечения при сравнительно небольшой длине. По назначению камеры бывают служебные и очистные. Служебные камеры (центральная подземная электроподстанция, центральная насосная камера, электровозное депо, камеры опрокидывателя, подземного диспетчера и т. п.) являются горизонтальными выработками, очистные камеры имеют угол наклона, соответствующий углу падения разрабатываемого пласта.

Совокупность служебных камер, расположенных у стволов, вместе со вспомогательными выработками называют *околоствольным двором*.

3.4. Наклонные выработки

Наклонный ствол — наклонная горная выработка, имеющая непосредственный выход на поверхность. Основным назначением наклонных стволов является вскрытие запасов шахтного поля или его части.

Бремсберг — наклонная горная выработка, не имеющая, как правило, выхода на поверхность и предназначенная для спуска грузов с верхних горизонтов на нижние при помощи механических устройств. Бремсберги могут быть проведены по пласту ископаемого (пластовые бремсберги) и по пустым породам (полевые бремсберги).

Скат — наклонная горная выработка, не имеющая непосредственного выхода на поверхность и предназначенная для спуска грузов под действием собственного веса.

Уклон — наклонная горная выработка, не имеющая непосредственного выхода на поверхность и предназначенная для подъема грузов с нижних горизонтов на верхние.

В бремсбергах и уклонах спуск и подъем грузов производятся в подъемных сосудах (вагонетках, скипах) или с помощью ленточных конвейеров. Для передвижения людей параллельно бремсбергам или уклонам на расстоянии 15—25 м от них проводят наклонные выработки, называемые *людскими ходами*.

Печь — наклонная горная выработка, проводимая по восстанию пласта и предназначенная для проветривания, передвижения людей и транспортирования грузов.

К числу наклонных выработок относятся также разрезные печи и монтажные камеры, хотя они могут быть и горизонтальными.

Разрезная печь — выработка по пласту полезного ископаемого, из которой начинается его выемка лавой.

Монтажная камера — расширенная для монтажа очистных механизированных комплексов или щитовых перекрытий разрезная печь.

3.5. Очистные выработки

В зависимости от длины очистные выработки делят на лавы и камеры.

Лава — протяженная горная выработка, в которой отделяют полезное ископаемое от массива, погружают отбитую горную массу на доставочное средство и транспортируют ее до ближайшей транспортной выработки. Различают следующие основные элементы лавы: *забой* — поверхность разрабатываемого полезного ископаемого; *выработанное пространство* — вынутая часть массива полезного ископаемого; *рабочее пространство* — площадь между плоскостью забоя и выработанным пространством, поддерживаемая крепью; *призабойное пространство*

ство часть рабочего пространства, непосредственно примыкающая к забою.

Очистная камера — горная выработка небольшой длины, в которой добывают полезное ископаемое. Обычно между камерами оставляют междукamerные целики, служащие для поддержания кровли.

Заходка — короткая горная выработка, проводимая из очистной камеры или выемочной печи и служащая для выемки угля из междукamerных целиков.

3.6. Свойства горных пород

Трудоемкость извлечения горных пород из недр зависит от их физико-механических свойств. К основным физико-механическим свойствам горных пород относятся следующие:

плотность — масса единицы объема твердой фазы породы; единица плотности — кг/м^3 ;

удельный вес — вес единицы объема твердой фазы породы; единица удельного веса — Н/м^3 ;

твердость — сопротивляемость породы внедрению острого инструмента;

вязкость — свойство породы оказывать сопротивление движению частиц этой породы относительно друг друга;

пластичность — способность горной породы изменять форму под действием внешних сил;

упругость — свойство горной породы восстанавливать прежнюю форму после прекращения действия внешних сил;

хрупкость — свойство горной породы разрушаться от действия статических нагрузок и ударов без заметных остаточных деформаций;

разрыхляемость — свойство горной породы увеличивать свой объем по сравнению с объемом в массиве (отношение объема добытой породы к объему ее в массиве называют *коэффициентом разрыхления*);

пористость — суммарный относительный объем пор, содержащийся в горной породе;

трещиноватость — наличие явных или скрытых трещин, вызванных условиями образования пород или тектоническими силами;

влажность или влагоемкость — способность породы удерживать в себе влагу;

водопроницаемость — способность породы пропускать воду.

Перечисленные свойства в каждой отдельно взятой горной породе выражены в разной степени.

Свойства пород определяют выбор способа их отделения от массива. По степени сопротивляемости отбойке горные породы делятся на следующие классы:

I — рыхлые и сыпучие (песок, гравий, торф);

II — мягкие (глина, мел и др.);

III — ломкие (каменный уголь, сланец, трещиноватые известняки);

IV — крепкие (моноклитные известняки и песчаники, гранит);

V — весьма крепкие (например, кварцит).

Одни и те же породы в зависимости от их сложения могут быть отнесены к различным классам. Так, песчаник или известняк, разбитый трещинами и плоскостями скольжения, относится к III классу, а моноклитный — к IV классу.

Приведенная выше классификация горных пород проста и позволяет судить о предстоящих горных работах и необходимых для этого средствах механизации. Однако в ней нет числовых величин, которые можно было бы использовать для расчетов.

В горной промышленности получила распространение классификация пород, предложенная проф. М. М. Протодяконовым. По этой классификации породы делятся на 10 категорий. Каждая категория пород характеризуется коэффициентом крепости, определяемым лабораторным путем. Образец породы подвергают под прессом одноосному сжатию до разрушения. Полученные значения предела прочности (МПа) делят на 10 и получают коэффициент крепости породы f . Например, для горной породы с пределом прочности на одноосное сжатие 150 МПа коэффициент крепости $f = 150 : 10 = 15$.

В угольных бассейнах страны наиболее распространенные породы обладают следующим коэффициентом крепости: уголь — 1—2; глинистые сланцы и аргиллиты — 2—3; песчаные сланцы и алевролиты — 3—5; некрепкие песчаники и известняки — 4—5; песчаники средней крепости — 6; крепкие песчаники, известняки и колчеданы — 8; очень крепкие песчаники и известняки — 10; весьма крепкие песчаники и известняки — 15.

Применяют в основном три способа разрушения горных пород в массиве: механический, буровзрывной и гидравлический. Механический способ применяется при бурении шпуров и скважин, проведении горных выработок комбайнами, очистной выемке угля стругами, очистными комбайнами, отбойными молотками. Буровзрывной способ используется, когда исключено применение механического способа разрушения. Гидравлический способ применяется для размыва глинистых, песчаных и слабосцементированных обломочных пород на угольных разрезах, отбойки угля гидромониторами на шахтах. В опытным порядке испытываются способы разрушения горных пород воздействием высоких температур, электроимпульсов высокого напряжения, ультразвука и т. п.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое шахта?
2. В чем заключаются основные отличия вскрывающих и подготовительных выработок?
3. Какие бывают очистные выработки?
4. В чем сущность классификации горных пород, предложенной проф. М. М. Протодяконовым?
5. Как определяется коэффициент крепости горных пород?
6. Каковы основные способы разрушения горных пород?

4. БУРОВЗРЫВНЫЕ РАБОТЫ

4.1. Общие сведения

Буровзрывные работы занимают важное место в горнодобывающей промышленности, т. к. до настоящего времени не существует более эффективного способа разрушения горных пород с коэффициентом крепости более 6.

Сущность буровзрывного способа заключается в обурировании массива горных пород шпурами или скважинами, в которые помещают заряд взрывчатого вещества (ВВ) и при помощи специального устройства (капсюля-детонатора) производят взрыв. Чтобы взрыв дал необходимый эффект, на пути действия взрыва должна быть свободная поверхность, т. е. поверхность, не зажата окружающими породами. Если пробурить шпур перпендикулярно к плоскости забоя и взорвать в нем заряд ВВ, то произойдет лишь небольшое разрушение породы в непосредственной близости от шпура. Образование значительной свободной поверхности возможно, если шпуры будут располагаться под некоторым углом к поверхности забоя.

В забое выработки после взрыва образуется конусообразное углубление. Для получения углубления большого размера одновременно взрывают несколько шпуров. Углубление, образованное взрывом первых шпуров, называется *врубом*. Вруб освобождает от зажима породы, находящиеся вблизи него, и создает дополнительную свободную поверхность, увеличивающую действие взрыва последующих шпуров (рис. 4.1). Шпуры 1 называют *врубовыми*. После них взрывают заряды в отбойных шпурах 3, назначение которых — отделить (отбить) основную массу породы. Последними взрывают заряды в шпурах 4, расположенных у контура выработки. Поэтому их называют *оконтуривающими*. При проведении выработок с большой площадью поперечного сечения и по крепким породам число шпуров увеличивают. Дополнительные шпуры 2 называют *вспомогательными*.

Наименьшее расстояние от центра заряда до свободной поверхности — линия наименьшего сопротивления.

Бурение шпуров производят бурильными машинами. Шпуры располагают так, чтобы их удобно было бурить с наименьшим числом перестановок бурильной машины.

Взрывные работы ведут по специальным паспортам. На особо ответ-

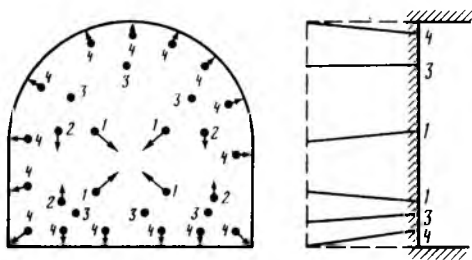


Рис. 4.1. Последовательность взрывания шпуров:

1, 2, 3, 4 — соответственно врубовые, вспомогательные, отбойные и оконтуривающие шпуры

ственные работы разрабатывают специальный проект. В паспорт буровзрывных работ (БВР) заносятся число шпуров, схема их взаимного расположения в плоскости забоя, порядок взрывания и ряд других сведений.

4.2. Взрывчатые вещества и средства взрывания

Взрывчатыми веществами (ВВ) называются механические смеси и химические соединения, способные под влиянием внешнего воздействия (нагрев, удар, трение) вступать в быстропотекающую химическую реакцию с образованием газов и выделением тепла. Во взрывчатых смесях присутствуют главным образом легкоокисляющиеся (горючие) элементы (углерод, водород) и окислитель (кислород). Химические взрывчатые соединения представляют собой однородное химическое вещество, которое под влиянием внешнего воздействия мгновенно изменяет свое состояние с образованием газов и выделением тепла. Преимущество взрывчатых смесей перед взрывчатыми соединениями — возможность получить совокупность желаемых свойств.

В угольной промышленности применяют исключительно взрывчатые смеси на основе аммиачной селитры — а м м о н и т ы. Аммиачная селитра взрывается только под воздействием другого, более сильного ВВ. От толчков, трения, соприкосновения с огнем аммиачная селитра не взрывается, что делает ее безопасной в обращении. Однако аммиачная селитра представляет собой слабое ВВ. Силу взрыва усиливают добавками в смеси тротила, гексогена, динитронафталина, алюминия. Аммониты с добавкой алюминия называют а м м о н а л а м и.

Аммиачная селитра обладает гигроскопичностью, т. е. способностью поглощать влагу из воздуха, и слеживаемостью, т. е. способностью частичек порошка соединяться друг с другом. Повышение влажности уменьшает силу взрыва и может сделать смесь невзрывчатой. Для увеличения водоустойчивости аммонитов в смесь вводят гидрофобные добавки (парафин) или покрывают ее частицы пленками железистых солей. Такие аммониты с гидрофобными добавками имеют марку ЖВ. Для уменьшения слеживаемости в состав аммонита вводят в небольших количествах (3—9%) муку хлопкового жмыха, сосновой коры и других органических веществ. Эти вещества повышают также чувствительность ВВ к детонации и увеличивают температуру взрыва. Для уменьшения слеживаемости и гигроскопичности аммиачную селитру выпускают также гранулированную, в зернах диаметром 1—3 мм.

Различают две формы взрывчатого превращения — взрывное горение и детонация. При взрывном горении скорость распространения реакции ниже скорости звука и измеряется сотнями метров в секунду. Детонация — это взрыв, распространяющийся с постоянной и максимальной для данного ВВ и условий сверхзвуковой скоростью, составляющей тысячи метров в секунду. Для получения высокого эффекта взрыва важно, чтобы при взрыве получилась детонация, а не просто взрывчатое превращение. Чем больше скорость детонации, тем мощнее ВВ.

Взрывание зарядов ВВ в шпурах производят с помощью капсюлей-

детонаторов и электродетонаторов, а также детонирующего шнура. Их называют средствами инициирования (СИ). Входящие в состав СИ инициирующие ВВ разделяют на первичные (азид свинца, гремучая ртуть) и вторичные (гексоген, тэн, тетрил).

Капсюль-детонатор представляет собой металлическую или бумажную гильзу диаметром 7 мм и длиной 45—51 мм. На дне детонатора помещается 1,2 г вторичного инициирующего вещества, а сверху него — 0,3—0,5 г первичного инициирующего вещества, которые прикрываются металлической чашечкой с отверстием.

Для подвода пламени к капсюлю-детонатору взрыва служит огнепроводный шнур (ОШ) диаметром 5—6 мм. В середине шнура по всей его длине имеется пороховой сердечник, который, если его поджечь, горит со скоростью 1 см/с. От огнепроводного шнура отрезают отрезки такой длины, чтобы до конца горения подожженного порохового сердечника можно было бы удалиться в безопасное от взрыва место. Один конец шнура отрезают перпендикулярно к его оси и вставляют в капсюль-детонатор, обжимая открытый конец гильзы специальными щипцами. Другой конец шнура обрезают наискось, чтобы увеличить поверхность соприкосновения порохового сердечника с пламенем.

Капсюль-детонатор вместе с огнепроводным шнуром называют зажигательной трубкой. Зажигательные трубки готовят в специальном помещении.

На месте работы каждую зажигательную трубку размещают в одном из патронов заряда ВВ в шнуре. Такой патрон называют патроном-боевиком. Его назначение — вызвать взрыв всего заряда ВВ. Взрывание при помощи огнепроводного шнура разрешается только в шахтах, не опасных по взрыву метана и угольной пыли.

В шахтах, опасных по взрыву газа или угольной пыли, применяют электрический способ взрывания с помощью электродетонаторов. Существуют электродетонаторы мгновенного, замедленного и короткозамедленного действия (рис. 4.2).

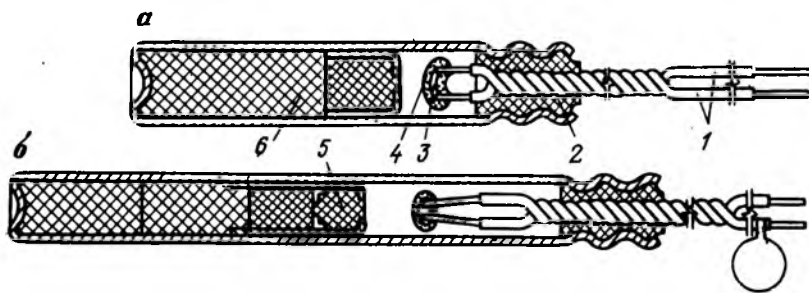


Рис. 4.2. Схема электродетонаторов мгновенного (а) и короткозамедленного (б) действия:

1 — провода; 2 — пластиковая пробка; 3 — мостик накаливания; 4 — воспламенительный состав; 5 — замедляющий состав; 6 — инициирующий заряд

Для передачи детонации от капсюля-детонатора или электродетонатора к заряду ВВ на большое расстояние служит детонирующий шнур. Сердечник детонирующего шнура состоит из высокоскоростного ВВ со скоростью детонации не менее 6500 м/с. Детонирующий шнур прокладывают по всей длине скважины или шпура, а затем помещают основной заряд ВВ. Свободный конец детонирующего шнура подсоединяют к капсюлю-детонатору или электродетонатору, при взрывании которого детонация по шнуру передается основному заряду ВВ.

Взрывание при помощи детонирующего шнура широко применяется на открытых горных работах и при массовых взрывах в рудниках.

4.3. Заряжание шпуров и взрывание зарядов

При заряжании шпуров патроны ВВ вводят в шпур забойником по одному. Забойник представляет собой деревянную круглую палку, длина которой больше самого длинного шнура, а толщина меньше диаметра шнура. По всей длине забойника делается канавка, в которую помещается огнепроводный шнур или провода электродетонатора.

Последним в шпур вводят патрон-боевик, который готовят на месте производства взрывных работ. Для этого разворачивают оболочку на торцевой части патрона и делают в ВВ деревянной, алюминиевой или медной наколкой цилиндрическое углубление. В образованное углубление помещают капсюль-детонатор зажигательной трубки или электродетонатор, после чего оболочки патрона собирают в складки вокруг огнепроводного шнура или электропроводов и связывают шпагатом.

Свободную от заряда ВВ часть шнура заполняют забойкой. В качестве материалов для забойки используют песок, глину, смесь глины с песком, а также воду в ампулах. Забойку из пластичного материала применяют в виде пыжей, диаметр которых меньше диаметра шнура, а длина равна 15—20 см. Первый пыж досылают до заряда ВВ, второй прижимают к нему, а последующие хорошо уплотняют забойником, чтобы забойка заполнила все сечение шнура.

Огнепроводный шнур разрешается поджигать спичкой только при взрывании одиночных зарядов. Для зажигания нескольких огнепроводных шнуров применяют специальные средства: зажигательные патроны, зажигательный фитиль, зажигательные свечи.

Электродетонаторы после получения их должны быть проверены в специальном помещении склада взрывчатых материалов (ВМ). После проверки концы проводов соединяют во избежание взрыва электродетонаторов под действием блуждающих электрических токов. Для электрического взрывания шпуров применяют взрывные приборы и машинки. Провода электродетонаторов соединяют с проводами взрывных приборов, производя взрыв из безопасного места. Перед началом взрывания во всех выработках, по которым случайно могут подойти люди к месту взрыва, выставляют посты.

4.4. Транспортирование и хранение взрывчатых веществ

Правила перевозки и хранения ВВ установлены правилами безопасности при взрывных работах.

Хранить ВВ на шахте разрешается в специальных складах. Тип складов, количество ВВ и средств взрывания для хранения в них определяются правилами безопасности при взрывных работах. На строящихся шахтах и карьерах ВВ и СВ хранят в складах на поверхности. На действующих шахтах склады устраивают под землей. Взрывчатые вещества и средства взрывания хранят в отдельных помещениях склада. На шахтный склад, который является расходным складом, взрывчатые материалы (ВМ) завозятся с базисного склада. Базисный склад служит для снабжения взрывчатыми материалами нескольких близкорасположенных шахт и разрезов. Разрешается устраивать в шахтах, имеющих склады ВМ, отдельные раздаточные камеры, приближенные к месту основных горных работ.

С поверхности ВВ и СВ спускают по стволу клетевым подъемом и транспортируют до склада по рельсовым путям. При перевозке ВМ люди, не связанные с этой работой, должны быть удалены. Склад ВМ под землей находится под постоянным наблюдением и охраной. Переноска ВМ от подземных складов до забоев производится взрывником или обученными рабочими под наблюдением взрывника.

4.5. Коэффициент использования шпура. Расход взрывчатых веществ

При взрыве заряда ВВ отрыв породы происходит не на полную глубину шпура. Отношение использованной части шпура к его полной длине называется коэффициентом использования шпура (КИШ).

Для полного комплекта шпуров расход ВВ изменяется в широких пределах и зависит от качества ВВ, плотности заряда, физико-механических свойств пород, наличия обнаженных плоскостей, площади поперечного сечения выработки и других факторов.

Каждая действующая шахта и карьер имеют свои данные о расходе ВВ. При отсутствии таких данных расход ВВ определяют ориентировочно по эмпирическим формулам.

Для ориентировочных расчетов пользуются величиной удельного расхода ВВ. Удельный расход ВВ определяется его массой, фактически израсходованной на 1 м^3 взорванной горной породы. Удельный расход ВВ при проведении выработок по породам с коэффициентом крепости 4—6 по шкале проф. М. М. Протодяконова составляет: в вертикальных стволах $1,2—1,6 \text{ кг/м}^3$, в квершлагах $1—1,2 \text{ кг/м}^3$.

4.6. Техника безопасности при взрывных работах

Ведение взрывных работ регламентируется Едиными правилами безопасности при взрывных работах. Правила имеют силу закона и изучение их обязательно для лиц, имеющих отношение к производству взрывных работ.

К руководству взрывными работами допускаются лица с законченным горнотехническим образованием, а к производству взрывных работ — лица, сдавшие квалификационные экзамены и имеющие «Единую книжку взрывника (мастера-взрывника)».

Перед началом взрывных работ по сигналу мастера-взрывника (взрывника) рабочие должны быть удалены из забоя в безопасное место с нормальным проветриванием, защищенное от обрушения и разлета кусков породы.

Взрывные работы на угольных шахтах, опасных по взрыву газа или пыли, регламентируются следующими дополнительными требованиями:

взрывные работы допускаются в забоях, непрерывно проветриваемых свежей струей воздуха с подачей и скоростью, соответствующими требованиям правил безопасности, при применении только электрического взрывания зарядов;

при выполнении взрывных работ обязательно присутствие горного мастера по вентиляции;

запрещается производство взрывных работ по углю в восстающих тупиковых выработках, проводимых снизу вверх по газоносным пластам;

непосредственно перед заряджанием шпуров, перед каждым взрыванием зарядов и при осмотре забоя после каждого взрывания мастер-взрывник обязан замерить содержание метана в забое и в выработках, примыкающих к нему, на расстояние 20 м.

Вопросы для самоконтроля

1. В чем заключается назначение вруба?
2. Каково различие между врубовыми и отбойными шпурами?
3. Что такое линия наименьшего сопротивления?
4. В чем различие между взрывным горением и детонацией?
5. Какие бывают способы взрывания?
6. Какова последовательность заряджания шпура?
7. Где хранятся взрывчатые вещества и средства взрывания?
8. Что такое коэффициент использования шпура?
9. Какой документ регламентирует безопасное ведение взрывных работ?

5. ПРОВЕДЕНИЕ И КРЕПЛЕНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ И НАКЛОННЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

5.1. Общие сведения

Для обеспечения ритмичной работы горнодобывающего предприятия необходимо постоянное вскрытие и подготовка запасов в пределах шахтного поля. Промышленные запасы угля на действующих горизонтах шахты подразделяют на вскрытые, подготовленные и готовые к выемке. Существуют отраслевые нормативы неснижаемого наличия каждого вида этих запасов. Вскрытые запасы должны обеспечивать работу предприятия на уровне производственной мощности в течение года, подготовленные и готовые к выемке — соответственно в течение 6 и 3 мес.

Воспроизводство нормативного объема запасов обеспечивается путем проведения и поддержания в исправном состоянии сети горных выработок. Для добычи 1000 т угля проводится в среднем 10—15 м подготовительных выработок, а на отдельных шахтах — до 30 м. Общая протяженность горных выработок на крупных угольных шахтах составляет 100 км и более.

На проведении и поддержании горных выработок занято около 25% численности рабочих на шахтах. Несмотря на механизацию проходческих работ, они остаются слабым звеном в процессе угледобычи. Основные направления их совершенствования — создание и внедрение технологии на базе применения механизированных комплексов, обеспечивающих значительное увеличение скорости проведения выработок, использование для крепления выработок новых видов крепи, позволяющей механизированное возведение и многократное использование крепи и обеспечивающей безремонтное поддержание горных выработок.

5.2. Формы и размеры поперечного сечения горных выработок

Подземные горные выработки подвергаются давлению окружающих их горных пород, величина которого зависит от физико-механических свойств горных пород, глубины залегания, срока существования выработки, структуры пород, близости расположения других выработок.

Установлено, что наименьшее давление на крепь при прочих равных условиях наблюдается в выработках, имеющих сводчатую форму поперечного сечения. При прямоугольной форме поперечного сечения выработки, расположенной в недостаточно прочных породах, над ней образуется свод обрушения.

Для ориентировочных расчетов горного давления на крепь подготовительных выработок можно использовать гипотезу, предложенную проф. М. М. Протодяконовым. В соответствии с указанной гипотезой нагрузка на крепь определяется весом пород, заключенных в своде обрушения. Ширина свода равна полному пролету выработки, а его высота $b = a/f$, где a — полупролет выработки; f — коэффициент крепости пород кровли.

Применение этой гипотезы ограничено глубиной заложения выработки не более 200—300 м. На больших глубинах для расчета нагрузки на крепь используются специальные методики, учитывающие характер распределения горного давления вокруг подготовительных выработок.

Различают поперечное сечение выработки в черне и в свету. Сечение в черне — это полное сечение выработки до установки в ней крепи, сечение в свету — свободное сечение выработки внутри контура крепи.

Размеры поперечного сечения выработки зависят от габаритов транспортного оборудования, числа рельсовых путей и проходов для людей. Поперечные сечения горизонтальных и наклонных выработок должны соответствовать типовым их сечениям, утвержденным Госстроем СССР.

Минимальные площади поперечных сечений выработок в свету устанавливаются:

для главных откаточных и вентиляционных выработок, а также людских ходков, предназначенных для механизированной перевозки людей, 6 м^2 при высоте не менее 1,9 м от почвы (головки рельсов) до крепи или размещенного в выработке оборудования;

для участковых вентиляционных, промежуточных, конвейерных и аккумулирующих штреков, участковых бремсбергов и уклонов 6 м^2 при высоте не менее 1,8 м от почвы (головки рельсов) до крепи или размещенного в выработке оборудования;

для вентиляционных просек, печей, косовичников и других выработок $1,5 \text{ м}^2$.

Для участковых выработок, находящихся в зоне влияния очистных работ, и для людских ходков, не предназначенных для механизированной перевозки людей, минимальная площадь поперечного сечения допускается $3,7 \text{ м}^2$ при их высоте не менее 1,8 м.

Рассчитанное по условиям размещения транспортного оборудования и прохода людей сечение проверяется по максимальной скорости движения воздуха в соответствии с Правилами безопасности в угольных и сланцевых шахтах (ПБ). Если окажется, что по условиям вентиляции требуется большее сечение выработки, то из числа типовых сечений выбирают ближайшее, которое удовлетворяет ограничению по максимальной скорости движения воздуха.

5.3. Крепежные материалы

В качестве крепежных материалов для выработок применяют дерево, металл, вяжущие вещества и материалы на их основе (бетон, железобетон, искусственные камни).

Дерево обладает ценными свойствами как строительный и крепежный материал, что обусловило его широкое использование. Несмотря на интенсивное внедрение металлической крепи, доля деревянной крепи остается еще довольно значительной, особенно при разработке крутых пластов. Для крепления горных выработок в СССР применяют хвойные породы деревьев — сосну, ель, пихту и лиственницу. Однако из-за способности к гниению, подверженности грибковым заболеваниям, опасности в пожарном отношении, недостаточной несущей способности деревянная крепь используется преимущественно в выработках с небольшим сроком службы при небольшой площади их поперечного сечения.

В выработках с большой площадью поперечного сечения и длительным сроком службы применяют более прочные крепежные материалы — металл, бетон, железобетон.

Крепь из металла, обладающего большим сопротивлением действующим нагрузкам, позволяет придавать выработкам любую форму поперечного сечения. В отличие от других крепей металлическая крепь годна для ремонта и повторного использования. Металлическую крепь изготавливают из различных видов сортового проката — балок, швеллеров, специальных профилей. Наиболее распространена крепь из специальных профилей.

Вязущими веществами служат цемент, известь и глина. Для крепления подземных выработок исключительное применение получил цемент. Смесь воды и цемента под влиянием физических и химических процессов твердеет. Для крепления горных выработок применяют цемент с песком в соотношении 1:3 при обычных условиях, 1:1 при значительном горном давлении.

Прочность затвердевшего раствора зависит от водоцементного соотношения (отношение количества воды к цементу в растворе). Необходимое количество воды в растворе определяется опытным путем. При этом учитывается обводненность выработок. Для сухих выработок берут большее количество воды.

Бетон готовят из цемента, песка, щебня и воды. Цемент и вода являются активными частями бетонной смеси. Вследствие химических и физических процессов между ними происходит твердение раствора. Песок и щебень являются инертными добавками. Их назначение — получить больший объем при том же количестве более дорогого материала (цемента). Для горных выработок применяют тяжелый и облегченный бетоны плотностью в сухом состоянии соответственно 2200—2500 и 1800—2200 кг/м³.

Количество воды в бетонной смеси должно быть достаточным для полной реакции твердения бетона и определяется по ГОСТу. Излишнее количество воды снижает предел прочности бетона. Твердение бетона в первую неделю происходит быстро, затем оно замедляется. Расчетную прочность бетон набирает на 28-й день твердения. Нормальные условия твердения бетона — температура 15—20 °С и относительная влажность воздуха 90—100%. Бетон, твердевший во влажных условиях, прочнее бетона, затвердевшего на воздухе.

Для крепления горных выработок при ручной укладке применяют жесткий и пластичный бетоны с расходом цемента до 350 кг/м³, при машинной укладке — пластичный бетон с расходом цемента 350—400 кг/м³.

Для придания пластических свойств в бетонную смесь вводят добавки-пластификаторы, которые одновременно снижают количество необходимой воды на 7—15% и уменьшают на 8—10% расход цемента.

В целях ускорения твердения в бетонную смесь вводят добавки — ускорители схватывания.

Железобетон применяют для повышения прочности крепи, работающей на изгиб или растяжение. Для железобетонной крепи металлическую арматуру заделывают внутрь бетона. Конструкция арматуры соответствует конструкции железобетонной крепи. Наибольший размер щебня не должен превышать 0,75 наименьшего расстояния между прутьями арматуры.

Крепь из сборного железобетона собирается из железобетонных деталей, изготавливаемых на заводе. Заводское изготовление элементов позволяет значительно разнообразить конструкции крепи.

Естественные камни для крепления горных выработок применяют в виде исключения. К искусственным камням относятся кирпич, бетоны, бетонные блоки.

Кирпич для крепления выработок используют только хорошо обожженный, неразмокающий. Бетониты готовят из такой же бетонной смеси, как и бетон. Бетонную смесь помещают в формы для получения бетонита необходимых размеров.

В последнее время для изготовления отдельных элементов шахтной крепи все шире используются синтетические материалы — стеклопластики, стекловолокно, быстротвердеющие химические составы на основе полимерных смол.

5.4. Виды крепей горных выработок

Деревянная крепь состоит из отдельных соединенных друг с другом прямолинейных элементов. Простейшая конструкция деревянной крепи для горизонтальной или наклонной выработки — неполная крепежная рама (рис. 5.1), которая включает две стойки 1, верхняк 2 и затяжки 3. При слабой почве на нее укладывают лежень. В местах с сильным горным давлением ставят усиленные крепежные рамы.

Основные элементы деревянной крепи изготавливают только из круглого лесоматериала, предварительно ошкуренного.

Соединение отдельных частей крепежной рамы называют замком. Замки крепи делают либо на месте работы, либо на поверхности в мастерской. При правильно изготовленном замке между элементами крепи не должно быть щелей.

Для удержания крепежной рамы в необходимом положении служат клинья, распорки и лунки. Клинья забивают между породой и стойками или верхняками крепи непосредственно у замков. Нижний заостренный конец стойки размещают в специально выдолбленном в почве углублении — лунке.

В зависимости от действующего горного давления рамы крепи устанавливают на различном расстоянии друг от друга (преимущественно 0,8—1,2 м). Для предотвращения вывалов породы из кровли и боков выработки в промежутках между крепежными рамами укладывают затяжки, а сами рамы расклинивают распорками. Распорки ставят между соседними стойками и верхняками обычно по середине их длины.

Металлическая крепь — преобладающий вид крепи подготовительных выработок.

В горизонтальных и наклонных выработках применяют металлические рамы трапецевидной, прямоугольной и арочной форм. Наиболее распространена арочная металлическая крепь (рис. 5.2). При слабых почвах и значительном горном давлении используют замкнутую форму крепежных металлических рам.

Металлические крепежные рамы трапецевидной и прямоугольной форм изготавливают из двутавровых балок и широкополосного двутавра, арочной формы — из проката специального желобчатого (шахтного) профиля СВП. Для улучшения работы крепи и уменьшения аэродинамического сопротивления выработки специальный желобчатый профиль должен быть обращен своей открытой частью к породе. Металлическая

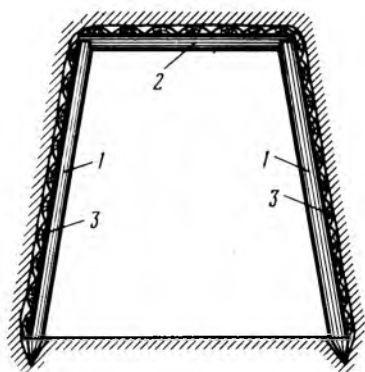


Рис. 5.1. Неполная деревянная крепёжная рама

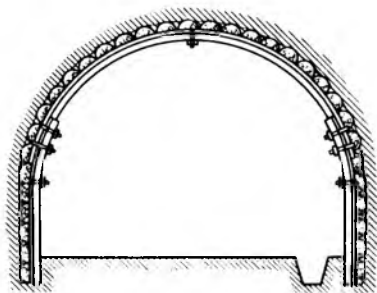


Рис. 5.2. Выработка, закрепленная арочной металлической крепью

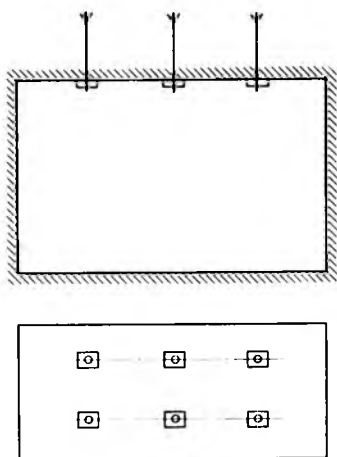


Рис. 5.3. Выработка, закрепленная анкерной крепью

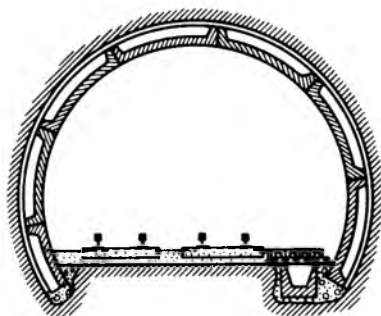


Рис. 5.4. Выработка, закрепленная тубинговой крепью

крепь может быть использована повторно. Стоимость ее извлечения составляет 25—35% стоимости новой крепи, а стоимость восстановления для повторного использования — 10—25% стоимости новой крепи.

В настоящее время для крепления горных выработок применяют рамную металлическую крепь следующих типов: АП-3, АП-5 (арочная податливая), МПК (металлическая с кулачковыми податливыми узлами), МИК-4, МИК-5 (металлическая инвентарная), МТПШ-2 (металлическая трапециевидная), КПК (кольцевая податливая). Масса одного комплекта крепёжной рамы изменяется от 150 до 536 кг.

Анкерная крепь представляет собой систему закрепленных

в шпурах стержней, расположенных в массиве пород по контуру выработки. Совместно с поддерживающими элементами (подхватами или опорными плитами) она упрочняет породный массив, повышая тем самым устойчивость горной выработки (рис. 5.3). Анкерная крепь изготавливается из металла, полимерных материалов, железобетона.

Существуют различные способы закрепления стержней в породах. При металлической анкерной крепи наиболее распространен способ расклинивания конца стержня между стенками шпура. К нижнему концу стержня прикрепляют металлические подхваты, выполняющие ту же роль, что и верхняки крепи.

Рама тубинговой крепи состоит из последовательно соединенных по периметру горной выработки элементов (тубингов), представляющих собой чугунные или железобетонные площадки сферической формы (рис. 5.4). Толщина стенки тубинга зависит от горного давления и типа горной выработки. Выпускается шесть серий тубингов с толщиной стенки от 25 до 70 мм. Тубинговая крепь представляет собой единую конструкцию по всей длине горной выработки. Податливость тубинговой крепи обеспечивается за счет зазоров в местах соединения тубингов. Тубинговая крепь используется только в выработках с большим сроком службы.

В таких же выработках применяется каменная крепь из кирпича, бетонитов, бетона, монолитного или сборного железобетона. При каменной крепи по бокам выработки в почве устраивают углубления для фундаментов стен. Глубина фундамента должна быть равна одной — двум толщинам крепи. Фундамент делают обычно из бетона или бутового камня. На фундаменте возводят стены крепи толщиной 30—50 см. Возведение крепи из кирпича, бетонитов или бетонных блоков ведут так же, как при сооружении строительных конструкций на поверхности. Пространство между крепью и породой заполняют щебнем и заливают цементно-песчаным раствором.

Бетонную крепь возводят с помощью деревянной или металлической опалубки. Бетонную смесь укладывают между опалубкой и породой и утрамбовывают вибраторами. Сначала возводят стенки крепи, а затем ее свод. При этом работы выполняются под защитой обычной деревянной или металлической крепи.

Иногда бетон наносят непосредственно на поверхность выработки, не сооружая опалубку. При таком способе бетонирования крепь называют абрызбетонной. Для нанесения бетона используется сжатый воздух. Бетонная смесь состоит из портландцемента марки не ниже 300 и мелкого заполнителя в соотношении от 1:2 до 1:4. Для ускорения схватывания вводятся специальные добавки. Для лучшего прилипания бетона поверхность выработки обмывают водой с добавлением небольшого количества цемента (цементное молочко), а иногда обтягивают металлической сеткой. За один раз наносится слой толщиной 5—7 см. Следующий слой наносят через 10—15 мин, т. е. после схватывания первого слоя. Количество слоев определяется необходимой толщиной крепи.

Железобетонная крепь из монолитного железобетона приме-

няется в выработках, испытывающих значительное горное давление. Возведение железобетонной крепи отличается от возведения бетонной тем, что перед бетонированием создается каркас из металлической арматуры.

5.5. Способы проведения горных выработок

В зависимости от устойчивости и водоносности пород различают обычные и специальные способы проведения подготовительных выработок. Обычные способы применяют при небольшом притоке воды в устойчивых породах, позволяющих при проведении выработок свободно обнажать забой и бока выработки. Специальные способы используют в неустойчивых породах (пески, пльвуны), а также в крепких, но обводненных породах. Они предусматривают предварительное тампонирование пород, применение специальных видов крепи и осушение пород.

К основным процессам проведения выработок относятся разрушение породы (угля), погрузка и транспортирование отбитой горной массы до средств магистрального транспорта, крепление выработки, к вспомогательным — настилка рельсовых путей, установка временной крепи, наращивание конвейеров, трубопроводов и кабелей, доставка материалов.

Последовательно выполняемый ряд технологических процессов и операций, необходимых для подвигания забоя на определенное расстояние, называют проходческим циклом. Основной характеристикой проходческого цикла является его продолжительность. Поэтому необходимо стремиться к максимально возможному и допустимому по условиям техники безопасности совмещению рабочих операций во времени и механизации каждой из них для увеличения скорости проведения подготовительных выработок.

Исходными данными для расчета графика организации работ являются крепость угля и пород, доля подрывки пород, площадь поперечного сечения выработки в проходке и в свету, тип и плотность установки крепи, набор проходческого оборудования.

Минимально необходимая численность проходчиков определяется исходя из условия обслуживания применяемых в технологической схеме систем машин либо возможности выполнения единицы объема наиболее трудоемких видов ручных работ. Обслуживание системы машин «комбайн — перегружатель — конвейер» на операциях по разрушению породы и удалению горной массы должно производиться не менее чем тремя рабочими, машинистом комбайна, его помощником, оператором конвейера. Такое же число рабочих, как правило, требуется при установке арочной крепи вручную из-за значительного веса отдельных ее элементов. При простейших технологических схемах, применяемых в выработках малого сечения, в соответствии с требованиями ПБ в забое должно находиться не менее двух рабочих.

Проведение горных выработок осуществляется по специально составленным паспортам на производство работ, которые состоят из графического материала и пояснительной записки к нему.

В графической части паспорта должны указываться: разрезы (про-

Таблица 5.1

Выработки	Скорость проведения, м/мес	
	буровзрывным способом	комбайновым способом
Квершлаг	110	—
Штреки, проводимые:		
по углю	210	340
смешанным забоем	170	290
по породе	125	—
Бремсберги, проводимые:		
по углю	180	310
смешанным забоем	150	270
по породе		—
Уклоны, проводимые:		
по углю	135	250
смешанным забоем	115	220

должный и поперечный) выработки в масштабе 1:100, 1:50 с указанием размеров поперечного сечения, положение пласта в сечении выработки, конструкция и размеры временной и постоянной крепи, размещение оборудования, сланцевых (водяных) заслонов, схема электроснабжения, таблица расхода крепежных материалов и другие показатели.

В пояснительной записке даются краткая характеристика угольного пласта, вмещающих пород, их устойчивости, описание возможных геологических нарушений по длине выработки, обоснование выбора типа и конструкции крепи, а также описание способа проведения и безопасного выполнения.

Для сравнения двух основных способов проведения выработок (буровзрывного и комбайнового) в табл. 5.1 приведены нормативные скорости проведения подготовительных выработок различного назначения.

5.6. Проведение горизонтальных выработок по однородным породам

На угольных шахтах сравнительно немного горизонтальных горных выработок, которые проводятся по однородным породам или углю на все их сечение. По однородным породам проводят квершлаг, полевые штреки и околоствольные выработки. Полностью по углю проводят штреки, орты, просеки и сбойки на мощных пластах.

Рабочими процессами при буровзрывном способе проведения горных выработок являются бурение и зарядание шпуров, взрывание зарядов, проветривание после взрывных работ, осмотр забоя и возведение временной крепи, уборка и транспортирование горной массы, возведение постоянной крепи, устройство водоотливной канавки, настилка рельсовых путей. Наиболее трудоемкие — бурение шпуров, погрузка горной массы и крепление выработки. По продолжительности выполнения они примерно одинаковы; на их долю приходится 60–70% длительности проходческого цикла.

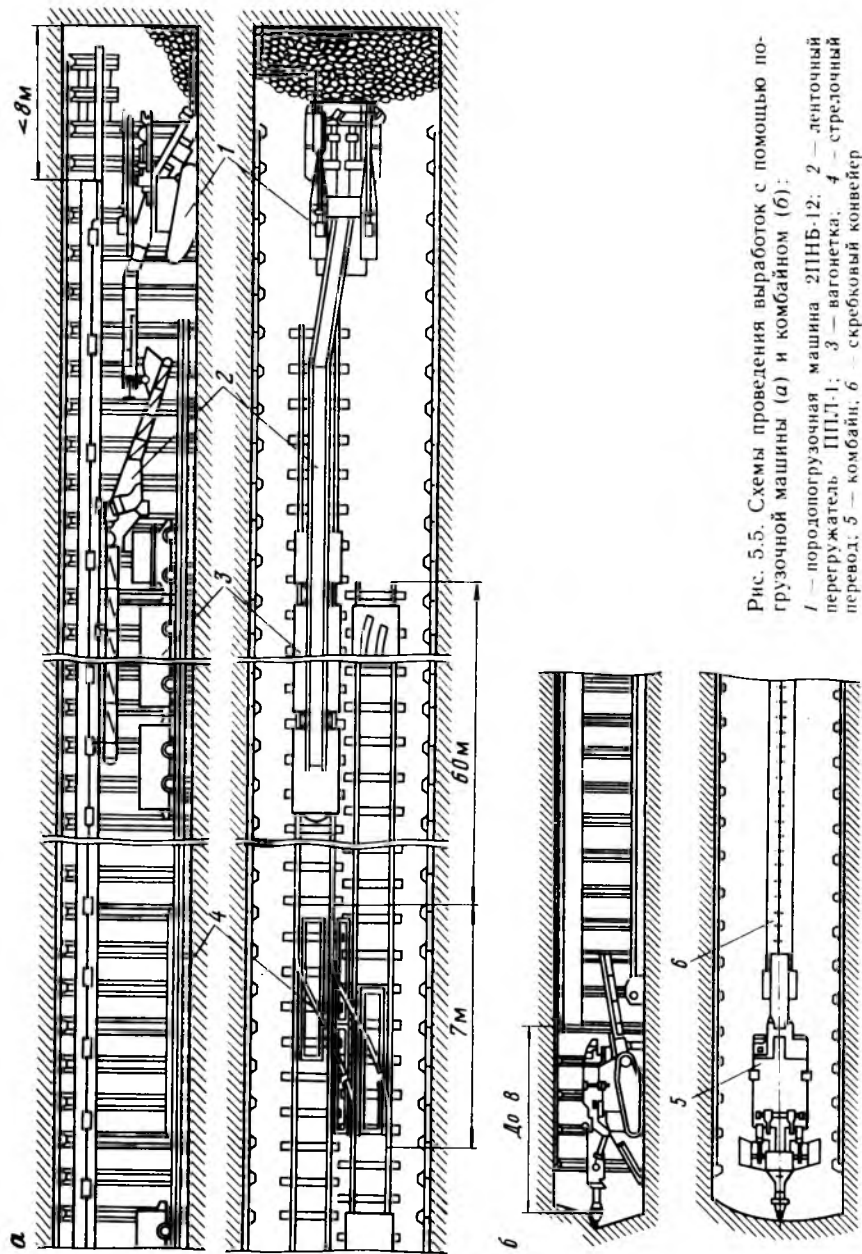


Рис. 5.5. Схемы проведения выработок с помощью погрузочной машины (а) и комбайном (б):
 1 — породопогрузочная машина 2ПНБ-12; 2 — ленточный перегружатель ППТ-1; 3 — вагонетка; 4 — стрелочный перевод; 5 — комбайн; 6 — скребковый конвейер

Бурение шпуров при проведении выработок значительной протяженности должно производиться, как правило, бурильными установками или с помощью манипуляторов, устанавливаемых на погрузочных машинах. При проведении коротких выработок целесообразно использовать переносные (ручные) или колонковые электросверла и перфораторы.

Непосредственно перед забоем, где еще должна производиться уборка породы, устанавливают временную крепь. По мере продвижения забоя временную крепь заменяют на постоянную. Необходимо постоянно следить, чтобы при взрывании шпуров в забое не происходило нарушения крепи выработки.

Уборка взорванной породы должна производиться, как правило, погрузочными машинами. Породу грузят машинами либо в вагонетки, либо на конвейер. Для улучшения погрузки применяют перегружатели, устанавливаемые на такой высоте, чтобы под ними могли проходить вагонетки. Состав с вагонетками по мере их загрузки протягивают маневровой лебедкой или электровозом.

При проведении выработки необходимо следить за правильностью ее направления. Перед каждым бурением комплекта шпуров определяют середину выработки по отвесам, точки подвеса которых устанавливает маркшейдер. Выработка должна иметь уклон 0,004—0,005 в сторону откатки груза. Уклон в грузовом направлении облегчает откатку груза. Этот уклон необходим также для обеспечения стока воды по канавке. Кроме того, для стока воды в канавку почве выработки придают уклон в поперечном направлении.

На рис. 5.5, а приведена схема размещения оборудования при проведении двухпутной выработки с площадью поперечного сечения 12 м^2 в свету по породам с коэффициентом крепости $f > 7$. Породы грузятся погрузочной машиной 2ПНБ-2 на подвесной ленточный конвейер-перегружатель, а из него в вагонетки. Постоянная крепь выработки — металлическая арочная АКП-3, рамы которой устанавливаются на расстоянии 0,8 м друг от друга. Кровля и бока выработки затягиваются железобетонными затяжками.

Обмен груженных вагонеток на порожние производится с помощью передвижного накладного стрелочного съезда. По окончании погрузки породы возводится постоянная крепь, устраивается водоотводная канавка, наращивается рельсовый путь, став вентиляционных труб и другие коммуникации (водопровод, электрические кабели), переносятся сланцевые (водяные) заслоны и др.

Проведение выработок по углю и породам с коэффициентом крепости $f \leq 4$ комбайнами значительно эффективнее, чем буровзрывным способом. Проходческий комбайн одновременно разрушает породу и грузит горную массу, что сокращает длительность проходческого цикла и увеличивает скорость проведения выработки. На рис. 5.5, б показана схема размещения проходческого оборудования в однопутной подготовительной выработке с площадью поперечного сечения в свету $9,5 \text{ м}^2$, проводимой комбайном ГПК или 4ПУ. Отбитая комбайном горная масса грузится на скребковый конвейер, который транспортирует ее до места перегрузки

в средства магистрального транспорта. Постоянная крепь выработки — металлическая арочная.

Работы по проведению штрека могут быть осложнены большим притоком воды. В этом случае для откачки воды применяют водоотливные насосы, которые устанавливают в пониженных местах выработки. К пунктам установки насосов воду перепускают по закрытым дренажным каналам глубиной 1,2—1,5 м. Такие каналы крепят или бетонируют.

Проветривание выработки при ее проведении производится с помощью вентиляторов местного проветривания, подающих воздух по трубам.

5.7. Проведение горизонтальных выработок по неоднородным породам

На тонких и средней мощности пластах для обеспечения заданной высоты проводимой выработки приходится вынимать не только уголь, но и породу в кровле или почве пласта. При буровзрывном способе проведения выемка породы называется подрывкой, при комбайновом — присечкой.

При проведении выработок по углю с подрывкой породы уголь следует вынимать отдельно, не смешивая его с породой. Это — раздельная выемка. Сплошная выемка, когда уголь и порода отбиваются одновременно, применяется при проведении выработок по пласту мощностью менее 0,5 м и пласту с низким качеством угля. Она характеризуется более простой организацией работ, но сопряжена с потерями угля в горной массе.

При раздельной выемке угля и породы штреки проводят узким или широким забоем. При узком забое его ширина по углю равна проектной ширине выработки вчерне, при широком забое его ширина превышает ширину выработки на величину, необходимую для размещения в образовавшемся пространстве (раскоске) породы от подрывки.

Проведение штреков узким забоем возможно при любом залегании угольного пласта. Для того чтобы уголь не смешивался с породой, получаемой от подрывки, угольный забой опережает породный на 2—3 м. Максимально допустимое отставание породного забоя от угольного 5 м.

Достоинства проведения штреков узким забоем — меньшая трудоемкость работ, повышенная устойчивость выработки, большие возможности механизации основных проходческих процессов; недостаток — необходимость выдачи породы от подрывки на поверхность.

К достоинствам проведения штреков широким забоем относитсяпутная добыча угля и возможность оставления породы в шахте. Однако существенным его недостатком является малая скорость проведения выработки, обусловленная сложной организацией работ и значительной трудоемкостью работ по закладке породы в раскоску.

Расположение подрывки вмещающих пород зависит от угла падения пласта, крепости пород почвы и кровли, назначения штрека и способа перегрузки угля из очистных забоев на штрековые транспортные средства. Подрывка кровли уменьшает расход ВВ, обеспечивает максималь-

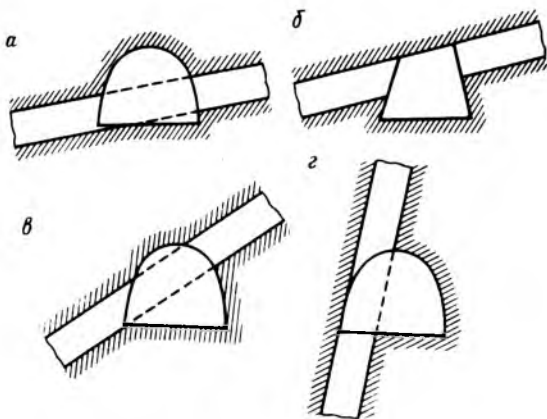


Рис. 5.6. Расположение подрывки вмещающих пород:

а — кровли, *б* — почвы; *в* — кровли и почвы; *г* — лежачего бока при крутом залегании пластов

ную добычу угля при проведении штрека и улучшает доставку материалов в очистной забой. Как правило, с подрывкой кровли проводят вентиляционные штреки, служащие для доставки в очистные забои крепежных материалов и оборудования (рис. 5.6, *а*). Для откаточного (конвейерного) штрека, проводимого по пологому пласту, характерна подрывка почвы (рис. 5.6, *б*), обеспечивающая хорошие условия для перегрузки угля с забойного конвейера на штрековый (или в вагонетки), исключающая попадание воды из штрека в лаву и улучшающая условия поддержания штрека (отсутствует нарушение кровли буровзрывными работами). При наклонном залегании пласта подрывают как кровлю, так и почву (рис. 5.6, *в*). Забой по углю располагают так, чтобы пласт занимал большую площадь поперечного сечения выработки и чтобы обеспечивалась наиболее простая перегрузка угля с лавного конвейера в транспортные средства на штреке. При углах падения пласта свыше 55° штреки проводят с подрывкой почвы (рис. 5.6, *г*) для того, чтобы не нарушить цельность пород кровли и обеспечить тем самым лучшую устойчивость выработки.

Выемка угля может производиться с помощью буровзрывных работ, комбайнами или отбойными молотками. Подрывка вмещающих пород осуществляется только буровзрывным способом. При опережающей выемке угля создается вторая свободная поверхность, наличие которой позволяет уменьшить удельный расход ВВ на отбойку породы. Уступная форма забоя увеличивает фронт работ и обеспечивает независимость работ по углю и породе. Для обеспечения хорошего проветривания параллельно штреку иногда проводят вентиляционную выработку — просек, сбиваемый со штреком через каждые 20—30 м. В этом случае с помощью вентилятора местного проветривания проветривают только часть выработки — от за-

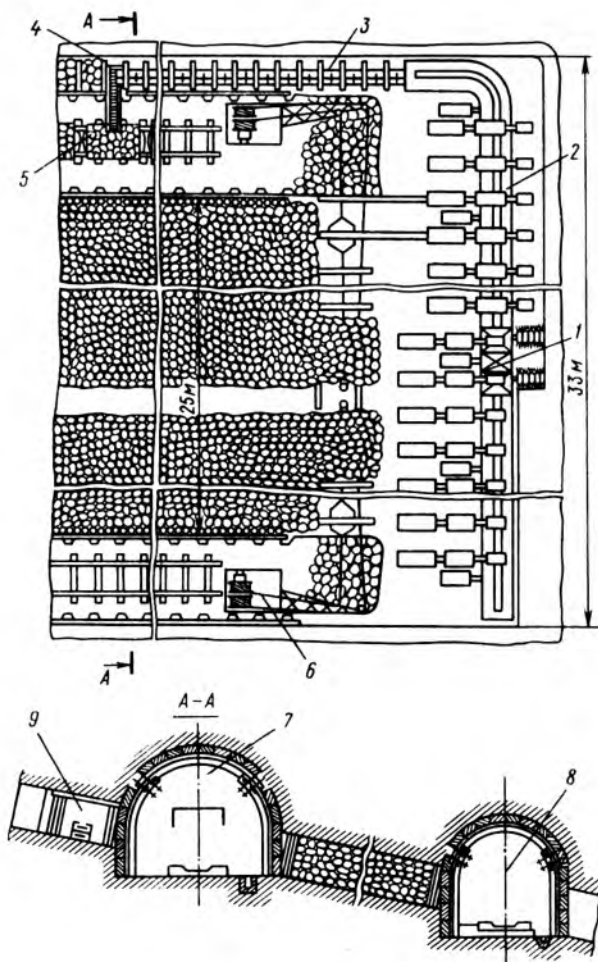


Рис. 5.7. Схема проведения выработки широким забоем:

1 — выемочный комбайн; 2, 3 — скребковые конвейеры; 4 — бермовый грузчик; 5 — вагонетка; 6 — скреперная установка; 7, 8 — соответственно откаточная и вентиляционная выработки; 9 — косовичник

боя до ближайшей сбойки. В одинарной выработке местное проветривание осуществляется по всей ее длине.

Сущность проведения штрека широким забоем по тонкому пласту заключается в том, что порода, получаемая от подрывки при проведении штрека, размещается в уширенной части (раскоске) угольного забоя (рис. 5.7). Раскоска по отношению к штреку может быть расположена по падению (нижняя раскоска), восстанию (верхняя раскоска), падению и восстанию (двухсторонняя раскоска). Наибольшее распространение

имеет нижняя раскопка. При обводненных пластах предпочтение отдают верхней раскопке. Двухсторонняя раскопка позволяет вдвое уменьшить расстояние транспортирования породы при ее закладке в выработанное пространство.

5.8. Особенности проведения горизонтальных выработок в сложных горно-геологических условиях

Наибольшие затруднения в проведении выработок возникают при сильной обводненности, высокой газоносности и малой устойчивости горных пород.

В обводненных трещиноватых породах выработки проводят узким забоем. Со временем породы осушаются и в выработке создаются нормальные условия для работы. Песок, насыщенный водой, обладает способностью течь (плывун). Если из пльвуна удалить воду, то он теряет текучесть и становится более устойчивым. Удаление воды из породы называют **дренированием**. Для дренирования пльвунов в кровле или почве пласта бурят скважины из подземных выработок или с земной поверхности до пересечения с выработкой. Этот способ применяется в том случае, если между пльвунами и выработкой залегает слой более плотных пород, например глины.

Пучащие породы вызывают затруднения не столько при проведении выработки, сколько в ходе ее эксплуатации. Пучение пород ведет к изменению формы и размеров поперечного сечения выработок, искажению профилей откаточных путей, нарушению вентиляции и требует повышенного объема ремонтных работ.

Крепь, способную удерживать породы от пучения, применяют только в капитальных выработках, например в околоствольных дворах. Пучение можно ослабить путем упрочнения вмещающих выработку пород анкерованием, цементированием, уплотнением взрывом и химическими методами. Однако они еще не имеют широкого применения. Наиболее распространенный способ ликвидации последствий пучения — подрывка почвы, которая предусматривает удаление вспучившихся пород и восстановление крепи. При соответствующей механизации процесса подрывки она эффективнее мероприятий по предупреждению пучения пород.

При определенных физико-механических характеристиках газоносного угольного пласта в нем под действием горного давления и давления заключенного в угле газа могут возникать внезапные выбросы газа и угля или газа и породы. Одним из основных способов предотвращения внезапных выбросов является опережающая разработка защитного пласта. Механизм защитного действия опережающей отработки защитного пласта заключается в снижении горного и газового давления путем разгрузки и дегазации над- и подрабатываемых угольных пластов и пород.

Незащищенные угольные пласты, опасные по внезапным выбросам, должны разрабатываться с применением способов предотвращения внезапных выбросов. Способы делятся на региональные и локальные. Первые предусматривают предварительную обработку угольного массива впереди

горных выработок, а вторые — обработку призабойной части угольного массива из горных выработок. К региональным способам предотвращения внезапных выбросов относятся дегазация и увлажнение угольных пластов, к локальным — гидрорыхление, гидроотжим и низконапорное увлажнение угольного пласта, гидровывывание опережающих полостей, образование разгрузочных пазов и щелей, бурение опережающих скважин, торпедирование призабойной части угольного пласта.

5.9. Особенности проведения наклонных выработок

Технология проведения наклонных выработок принципиально не отличается от технологии проведения горизонтальных выработок, характеризуясь лишь некоторыми особенностями, обусловленными наклонным расположением выработок. Так, проходческие машины необходимо оборудовать устройствами для исключения самопроизвольного их движения. Более тщательным должно быть проветривание во избежание скопления в забое метана (при проведении выработки снизу вверх) или углекислого газа (при проведении выработки сверху вниз). Наклонное положение выработок требует установки специальных подъемных механизмов и предохранительных устройств (барьеров, ловителей) для предотвращения самопроизвольного скатывания вниз различных предметов, кусков породы и травмирования ими горнорабочих, усложняет откачку воды, доставку материалов и оборудования.

Особое внимание при проведении наклонных выработок должно обращать на устранение опасности сползания крепи и рельсовых путей. Ложные кровли и почва, склонные к сползанию, должны удаляться для обеспечения установки крепи в более устойчивых породах. При невозможности этого выработки крепят полной дверной рамой, устанавливая крепёжные рамы сплошную, применяют лежни и подхваты, анкеруют породы, усиливают межрамные связи на всем протяжении выработки.

При настилке рельсовых путей или напольной дороги их необходимо укреплять так, чтобы исключить сползание. В выработках с углом наклона 10° и более, а также в выработках, проводимых по обводненным породам, шпалы рельсового пути укладывают в поперечные канавы глубиной, равной двум третям толщины шпалы.

В наклонных выработках значительно труднее механизировать процессы погрузки горной массы и установки крепи.

Указанные особенности обуславливают меньшую скорость проведения наклонных выработок, чем горизонтальных.

Правила безопасности запрещают передвижение людей по наклонным выработкам, по которым производится откатка в вагонетках. Поэтому для прохода людей параллельно бремсбергу (уклону) проводят один или два ходка. Расстояние между бремсбергом (уклоном) и ходками принимают с таким расчетом, чтобы эти выработки в меньшей степени подвергались опорному горному давлению со стороны очистных выработок. На практике расстояние между параллельными наклонными выработками

принимают равным 15—30 м при ширине внешних охранных целиков не менее 30 м.

Проведению бремсбергов (уклонов) предшествуют следующие работы: маркшейдерская разбивка в штреке мест засечки наклонной выработки; расширение штрека и устройство разминовок; проведение камеры для лебедки и ниши для вентилятора местного проветривания; проведение и оборудование заезда в наклонную выработку, по которой предусмотрен рельсовый транспорт; подвод электроэнергии для вентилятора местного проветривания и средств механизации работ у погрузочного пункта.

Отбойка угля и породы в забое может производиться с помощью буровзрывных работ, проходческими комбайнами типа ГПКСВ и ГПКСН (при углах наклона выработки не более 20° и коэффициенте крепости присекаемых пород не более 5).

Транспортирование отбитого угля и породы из забоя производится конвейерами, по металлическим желобам (рештакам) при углах наклона $30-45^\circ$ и металлическим трубам диаметром 400—600 мм при наклоне выработки более 45° .

При проведении уклонов с притоком воды до $5 \text{ м}^3/\text{ч}$ водоотлив осуществляют переносными насосами. По мере продвижения забоя насос переносят ближе к забою с тем, чтобы высота всасывания не превышала 5—6 м по вертикали. Для уменьшения притока воды в выработку применяют предварительный тампонаж боковых пород цементом, глиной, жидким стеклом. При притоке воды более $8 \text{ м}^3/\text{ч}$, а также при необходимости пересечения зон обводненных песков (пльвун) с давлением воды более 200 кПа производят искусственное замораживание пород.

Скаты проводят при угле падения пласта более $25-30^\circ$ либо по углю, либо по углю с подрывкой пород.

Скаты делят на два или три отделения. Если скат имеет два отделения, одно из них служит для передвижения людей, другое — для спуска угля или породы. При скатах с тремя отделениями среднее служит для передвижения людей, а крайние — для спуска угля и породы.

Ширина скатов принимается равной 2—2,5 м. Скаты крепят обычно деревом, полными дверными рамами. Грузовые отделения скатов обшивают досками. При углах падения пласта менее 40° на доски настилают стальные листы для лучшего скатывания материала. В ходовом отделении ската устанавливают лестницы.

Скаты проводят чаще всего отбойными молотками и реже буровзрывным способом. Хорошие результаты дает предварительное бурение скважины большого диаметра на всю длину ската. Первоначально скважину бурят снизу вверх диаметром 390 мм, а затем в направлении сверху вниз расширяют ее до диаметра 850 мм. После этого скважину расширяют до необходимого сечения отбойными молотками или буровзрывным способом. Транспортирование угля и породы при проведении скатов осуществляется под действием собственного веса.

Печи проводят в основном по углю. В некоторых случаях для обеспечения большого сечения печи их проводят с подрывкой вмещающих пород.

Для проведения печей по пологим пластам используют отбойные молотки, буровзрывной способ, проходческие комбайны и нарезные комплексы типа КН (на маломощных пластах). На мощных крутых пластах печи проводят преимущественно буровзрывным способом.

Наиболее проста и надежна технология проведения печей посредством бурения скважины с последующим ее расширением до необходимого диаметра и креплением тубинговой крепью из углепласта.

5.10. Организация проведения выработок скоростными методами

Скоростным называют проведение подготовительных выработок со скоростью, значительно превышающей нормативную скорость для конкретных горно-геологических условий. На скоростное проведение выработок составляется специальный проект, в основу которого закладывается максимальное использование возможностей как технических средств, так и непосредственных исполнителей работ.

При этом прежде всего предусматриваются создание и постоянное обеспечение полной безопасности на каждом рабочем месте. Под безопасными условиями подразумеваются достаточное и надежное проветривание подготовительного забоя, эффективное пылеподавление, использование надежной и легковозводимой временной крепи, защита рабочих от падения и исключение возможности их травмирования падающими предметами в наклонных и вертикальных выработках, наличие автоматических средств контроля и защиты от поражения электротоком и др.

Другими важными условиями скоростного проведения являются максимальная концентрация сил и средств и применение самой современной проходческой техники.

Тщательно прорабатываются причины возможных отказов оборудования, составляется план действий обслуживающего персонала по недопущению отказов или всемерному сокращению их продолжительности.

К важным элементам подготовки к скоростному проведению выработки относятся установление количества и местонахождения неснижаемого запаса материалов, порядок использования материалов из этого запаса и общий порядок снабжения забоя необходимыми материалами.

Выполнение вспомогательных работ (возведение противопожарных арок, разделка сопряжений, установка водяных или сланцевых заслонов, соединение труб в плети необходимой длины и т. п.), сопутствующих проведению выработки, поручают, как правило, специализированным подразделениям.

На рис. 5.8 приведен график организации работ при скоростном проведении горизонтальной выработки смешанным забоем комбайном. Площадь поперечного сечения выработки в свету $12,8 \text{ м}^2$, вчерне $15,7 \text{ м}^2$. Коэффициент крепости угля 1,5 пород — 5. Коэффициент присечки пород 60%. Численность проходческого звена в смену — 6 чел.

Оборудование для проведения выработки включает проходческий комбайн 4ПП-2М, перегружатель, скребковый конвейер и монорельсовую доро-

Процессы	Трудоемкость работ, чел.-мин	Часы смены					
		1	2	3	4	5	6
Подготовка к работе	90	■					
Работа комбайна	220	1		1		1	
Обслуживание комбайна	120		2		2		2
Вспомогательные работы на подготовке горной массы	440	2		2		2	
Возведение крепи	440	2		2		2	
Устройство водоотливной канавки	270		■			■	
Прочие вспомогательные работы	240		■			■	
Итого	220	1		1		1	
Регламентированный перерыв	120				■		

Рис. 5.8. График организации работ при скоростном проведении горизонтальной выработки

гу для доставки в забой крепежных материалов. Выработку крепят арочными рамами АП-3, устанавливаемыми через 1 м друг от друга, с затяжкой кровли и боков выработки.

Расчетная скорость проведения выработки составляет 4 м/смену, производительность труда проходчика 0,67 м/смену (8,53 м³/смену в свету).

5.11. Проведение и крепление камер

Отличительной особенностью камер как горных выработок является их большое поперечное сечение при сравнительно малой длине. Это обстоятельство предопределяет специфические условия проведения и крепления камер.

Крепь камер должна быть очень прочной, чтобы обеспечить безремонтное их содержание на весь срок. Для крепления камер невозможно применять податливую крепь, так как могут нарушиться строго регламентированные зазоры между оборудованием камеры и ее стенками. Монолитный бетон и железобетон — наиболее предпочтительные материалы для крепи в камерах.

Камеры располагают в наиболее крепких, желательно однородных породах. Места расположения камер не должны быть подвержены влиянию очистных работ и не испытывать воздействия геологических нарушений.

Способы проведения камер и их крепления зависят от устойчивости пород, в которых расположены камеры, и площади поперечного сечения камер. При площади поперечного сечения камер до 12—16 м², сооружаемых в достаточно устойчивых породах, их проводят аналогично квершлагам или штрекам. При площади поперечного сечения камер более 16—20 м², проводимых в породах средней устойчивости, из-за опасности обрушения пород они сооружаются по частям — уступами. В обнаженной части возводят крепь, после чего приступают к выемке породы в следующей части. В качестве временной крепи чаще применяют металлический

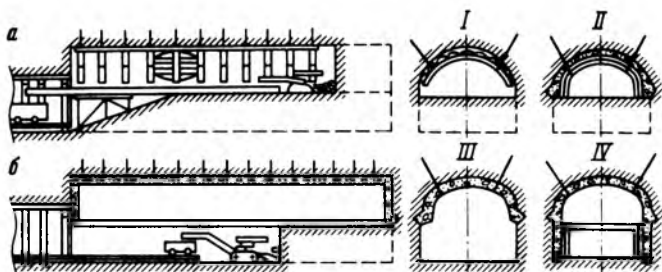


Рис. 5.9. Схемы проведения камеры слоями сверху вниз в верхнем (а) и нижнем (б) слоях:

I, II, III, IV — последовательность работ

спецпрофиль, нередко в сочетании с анкерной крепью. Элементы крепи на специальном гидравлическом прессе выгибают по форме поперечного сечения камеры.

При проведении камеры слоями сверху вниз ее делят на горизонтальные слои высотой по 2 м. Выемку пород в слоях и возведение постоянной крепи осуществляют последовательно сверху вниз (рис. 5.9). После отбойки пород в верхнем слое кровлю перекрывают временной крепью (*I*). Под нее зашивают отбитую в верхнем слое породу с помощью погрузочной машины в вагонетки, а затем возводят постоянную крепь свода (*II*). После отбойки пород в нижнем слое (*III*) возводят постоянную крепь стен и бетонный фундамент (*IV*).

Отставание места бетонирования от забоя нижнего слоя определяется исходя из влияния взрывных работ на состояние опалубки. Иногда (при проведении коротких камер) к бетонированию приступают только после проведения камеры на всю длину. При многозабойном методе (одна бригада обслуживает два-три забоя одновременно) на период твердения бетона до установленного предела прочности взрывные работы временно прекращаются.

Бетонная смесь готовится на поверхности. К месту работ она доставляется по трубопроводам или в вагонетках. В последнем случае бетонная смесь нагнетается за опалубку бетононасосами. Уплотнение бетонной смеси производят пневматическими или электрическими вибраторами.

5.12. Ремонт, восстановление и ликвидация горных выработок

В угольной промышленности ежегодно ремонтируется до 2,5 тыс. км выработок, что составляет более 10% общей протяженности поддерживаемых выработок. В общем объеме ремонтируемых выработок на долю транспортных штреков приходится 40%, уклонов и бремсбергов — 20%, вентиляционных штреков — 18%, квершлагов — 16%.

Ремонт горных выработок заключается в замене отдельных повреж-

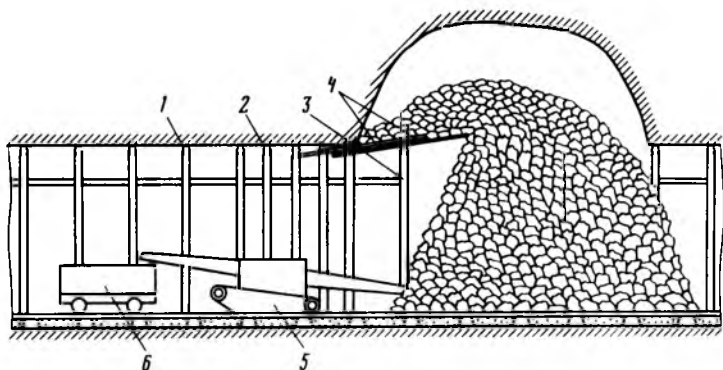


Рис. 5. 10. Схема восстановления горной выработки с частичным выпуском породы:

1 — постоянная крепь; 2 — усиливающая крепь; 3 — временная крепь; 4 — передовая крепь; 5 — погрузочная машина; 6 — вагонетка

денных элементов крепи, крепежных рам, участков монолитной бетонной или железобетонной крепи в линейных частях выработок и на сопряжениях, а также в полной замене крепи с увеличением или без увеличения площади поперечного сечения выработки (рис. 5.10).

Различают текущий, средний и капитальный ремонт выработки.

Текущий ремонт горной выработки предусматривает замену поврежденных элементов крепи, отдельных рам, а также участков монолитной крепи с очисткой, обмывкой, побелкой или осланцеванием выработки. При этом восстанавливаются незначительные нарушения в подвеске кабелей, прокладке труб, настилке пешеходных трапов и т. п.

При среднем ремонте крепь заменяется на достаточно протяженных участках выработки, с заменой при необходимости материала крепи или ее вида. При этом возможны увеличение площади поперечного сечения на перекрепляемом участке, устройство ниш различного назначения, ремонт крепи сопряжения.

Капитальный ремонт предусматривает, как правило, замену крепи на всем протяжении горной выработки с изменением при необходимости формы ее поперечного сечения.

Основное средство механизации отбойки угля и породы при ремонтных работах — отбойные молотки. При использовании буровзрывных работ находят применение пневмо- и электросверла, перфораторы.

При ремонте выработок в наибольшей степени механизирован процесс погрузки горной массы, которая осуществляется с применением погрузочных машин. Использование погрузочных машин при ремонтно-восстановительных работах экономически оправдано при среднесуточном объеме погрузки горной массы в вагонетки не менее $12—14 \text{ м}^3$ и на перегружатель не менее $30—80 \text{ м}^3$.

При сильно нарушенных породах для предотвращения их обрушений в ремонтируемую выработку с уменьшенной площадью поперечного сечения

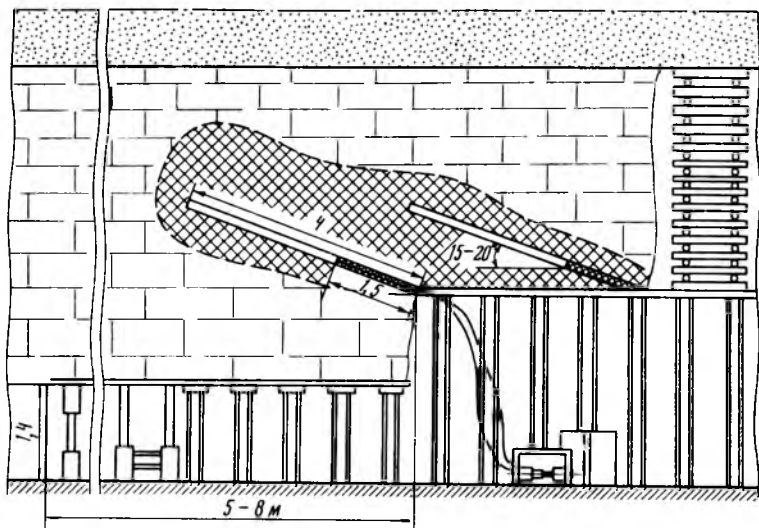


Рис. 5.11. Схема укрепления неустойчивой кровли полиуретановыми смолами

чения применяют укрепление пород специальными составами. В качестве таких составов используют песчано-цементный раствор или полиуретан. Схема укрепления полиуретановым составом неустойчивой кровли выработки при одновременном ее расширении приведена на рис. 5.11. Нагнетание раствора осуществляется установкой, состоящей из двух насосов НШ-20, редуктора, пневмосверла и инъектора для введения раствора в нарушенные породы. Укрепление пород полиуретановыми составами рекомендуется в зонах повышенного горного давления и на сопряжениях горных выработок.

Горные выработки, надобность в которых для шахты полностью отпала, ликвидируются (погашаются) и отделяются от общей шахтной сети стационарными изолирующими перемычками. В отдельных случаях в связи с производственной необходимостью ранее погашенные или пришедшие в полную негодность действующие горные выработки восстанавливают для последующей эксплуатации.

Перед ликвидацией горных выработок, пройденных по пласту и охраняемых угольными целиками, необходимо обеспечить максимальное извлечение угля из предохранительных целиков. Ликвидация выработок, имеющих выход на дневную поверхность, производится путем их заполнения негорючими (кроме глины, которая обладает способностью размываться водой) материалами. Устья таких выработок перекрываются железобетонными или металлическими полками. Состояние этих выработок и всей подработанной поверхности шахтного поля ежегодно проверяется комиссией, назначаемой главным инженером шахты с последующим актированием результатов осмотра.

На шахте ежегодно составляется сводный график ремонта, восстановления и ликвидации горных выработок, объединяющий соответствующие графики участков и служб шахты.

Затраты на ремонт выработок относятся на себестоимость добываемой продукции. Для финансирования капитального ремонта горных выработок, относящихся к основным фондам шахты (стволы, околоствольные выработки, главные квершлагги, полевые штреки и т. п.), существуют специальные средства, образующиеся за счет амортизационных отчислений.

5.13. Требования техники безопасности при проведении и ремонте горных выработок

Подготовительные выработки в большинстве случаев проводятся тупиковыми забоями, как правило, по недостаточно разведанным участкам пластов угля или пустых пород, что существенно повышает вероятность появления всевозможных осложнений. Кроме того, при достаточно быстром продвижении подготовительного забоя нередко наблюдается отставание коммуникационных сетей (электроснабжения, водоснабжения, транспорта). По совокупному влиянию различных факторов подготовительные забои являются наиболее опасными рабочими местами в шахтах.

Отставание постоянной крепи (кроме каменной, бетонной или железобетонной) от забоев подготовительных выработок определяется проектом или паспортом крепления, но оно не должно превышать 3 м. Пространство между забоем и постоянной крепью должно быть закреплено временной крепью. Возведение постоянной крепи, а также разборка и погрузка угля и породы после взрывания должна производиться под защитой временной крепи, обеспечивающей безопасность работ. Пустоты за крепью должны быть заложены.

В подготовительных выработках, проводимых вслед за очистным забоем, отставание забоя подрывки от лавы не должно превышать 5 м при креплении очистной выработки индивидуальной крепью, 8 м — при применении механизированной крепи и 11 м — при струговой выемке угля.

Углеспускные и закладочные печи с самотечным движением материала должны иметь два отделения или для этой цели должны проводиться две параллельные выработки, сбиваемые между собой через каждые 5—10 м. Ходовые отделения выработок должны быть отделены от углеспускных (породоспускных) прочной сплошной отшивкой.

При проведении, углубке или ремонте наклонной выработки работающие в забое люди должны быть защищены от опасности падения сверху вагонеток и других предметов не менее чем двумя прочными ограждениями, одно из которых должно устанавливаться в устье выработки, другое — не выше 20 м от места работы.

Вопросы для самоконтроля

1. Каковы нормативы неснижаемого наличия на шахтах вскрытых, подготовленных и готовых к выемке запасов?

2. В чем заключается гипотеза формирования нагрузки на крепь подготовительной выработки, предложенная проф. М. М. Протоdjаконовым?
3. В чем отличие сечения выработки черне от сечения в свету?
4. Каковы основные виды крепежных материалов?
5. Что такое водоцементное соотношение?
6. Каковы основные виды крепей горных выработок?
7. В чем отличие специальных способов проведения горных выработок от обычных?
8. Каковы основные процессы проведения выработок?
9. Что такое проходческий цикл?
10. Каковы содержание и назначение паспорта на производство работ по проведению выработки?
11. В чем заключаются особенности проведения выработок по неоднородным породам?
12. Каково отличие в проведении выработок узким и широким забоем?
13. Какие бывают виды подрывки вмещающих пород при проведении выработок?
14. В чем заключаются региональные и локальные способы предотвращения внезапных выбросов при проведении выработок?
15. Каковы наиболее значимые факторы, которые необходимо учитывать при проведении наклонных выработок?
16. Какие бывают виды ремонта горных выработок?

6. ПРОХОДКА И УГЛУБКА ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТЕВЛОВ

6.1. Общие сведения

При строительстве новых и реконструкции действующих шахт особое место занимает сооружение ствлов. Ежегодно только в угольной промышленности проходят около 8—10 км вертикальных ствлов при строительстве новых и около 1,5—2 км при реконструкции действующих шахт. На долю сооружения ствлов приходится 40—50% общей продолжительности и 15—25% сметной стоимости строительства шахты.

Непосредственно проходке вертикального ствла предшествует подготовительный период. Он включает работы, выполняемые вне промплощадки будущей шахты, и работы на промплощадке, связанные с подготовкой к сооружению ствлов. В состав первых входят работы по сооружению подъездных железнодорожных путей, автомобильных дорог, линий связи, линий электропередачи с трансформаторными подстанциями, водопровода и других подобных объектов, связанных с подготовкой строительства, в состав вторых — работы по расчистке площадки, черновой планировке, отводу поверхностных вод, устройству внутрплощадочных железнодорожных путей, автомобильных дорог и проездов, линий электропередачи и телефонной связи, земляные работы, устройство фундаментов под постоянные и временные здания, используемые при сооружении вертикальных ствлов.

Продолжительность подготовительного периода строительства шахт зависит от технологической схемы оснащения ствлов, мощности шахты, объема постоянных объектов и технологии строительно-монтажных работ. Под технологической схемой оснащения ствла понимается набор

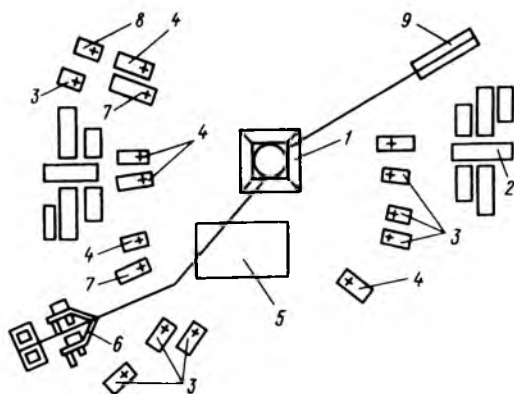


Рис. 6.1. Схема расположения на поверхности оборудования при проходке вертикального ствола:

1 - проходческий копер; 2 - подъемная машина; 3 - вспомогательные проходческие установки; 4, 7, 8 - проходческие установки для подвески различного оборудования, полка, насосов; 5 - бетономесительная установка; 6 - вентиляционная установка; 9 - здание обслуживания

зданий и сооружений (копры, подъемные машины), используемые для проходки (рис. 6.1).

Подготовительный период завершается сооружением устья ствола. Устьем вертикального ствола называют его верхнюю часть, выходящую на земную поверхность и расположенную, как правило, в слабых породах (наносах). Глубина устья определяется проектом и достигает 12—35 м.

Способ проходки ствола зависит от геологических и гидрогеологических условий залегания горных пород. В зависимости от устойчивости пород и их водоносности различают обычные и специальные способы проходки стволов.

Обычные способы применяют при устойчивых и малообводненных породах, когда воду из забоя можно удалить при помощи насосов, а для сохранения устойчивости стенок ствола достаточно использовать временную крепь.

Специальные способы находят применение при проходке стволов по неустойчивым или сильнотрещиноватым обводненным породам.

6.2. Проходка стволов обычным способом

Весь комплекс работ по проходке вертикальных стволов можно разделить на три группы процессов: основные, производственно-подсобные, вспомогательно-обслуживающие.

Основными процессами проходки вертикальных стволов являются выемка породы, возведение крепи, армировка ствола и установка постоянного оборудования.

К производственно-подсобным процессам относятся подъем породы, водоотлив, вентиляция и освещение.

Вспомогательно-обслуживающие процессы включают энергоснабжение, водоснабжение, транспорт, ремонтно-механические работы, доставку материалов и оборудования, складирование и бытовое обслуживание.

Выемку породы в основном производят буровзрывным способом и в

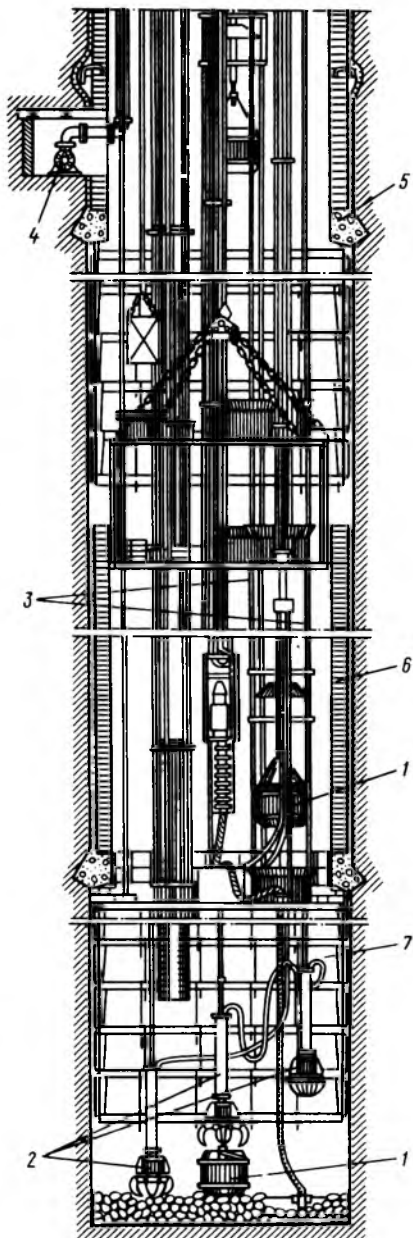


Рис. 6.2. Схема проходки ствола с погрузкой породы грейферными грузчиками:

1 — бадьи; 2 — пневматические грейферные грузчики; 3 — канатные направляющие; 4 — промежуточная перекачная станция; 5 — основной венец; 6 — постоянная крепь; 7 — временная крепь

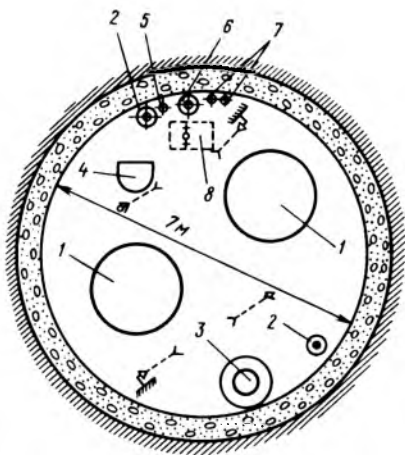


Рис. 6.3. Схема расположения проходческого оборудования в поперечном сечении ствола:

1 — проходческие бадьи; 2 — трубопроводы для подачи бетона; 3 — вентиляционный трубопровод; 4 — спасательная лестница; 5 — водоотливной трубопровод; 6 — трубопровод сжатого воздуха; 7 — трубопроводы для подачи цементующего раствора; 8 — подвесной насос

исключительных случаях при слабых породах отбойными молотками. При буровзрывном способе на 1 м² площади забоя бурят 1,25—2 шпура в зависимости от крепости пород. Глубина шпуров зависит от принятой организации работы и составляет 2,5—3,5 м. Заряды шпуров взрываются с помощью электродетонаторов мгновенного или короткозамедленного действия с поверхности.

Взорванную породу грузят и выдают на поверхность в специальных сосудах, называемых ба д ь я м и. Погрузку породы в бады осуществляют пневматическими грейферными грузчиками (рис. 6.2). Подготовленная для погрузки порода должна быть равномерно раздроблена на куски размером до 150 мм.

В бадьях также спускают и поднимают людей, спускают крепежные и взрывчатые материалы, спускают и поднимают инструменты. Вместимость бадей в зависимости от объемов работ изменяется от 0,75 до 2,5 м³. В отдельных случаях для подъема применяют скипы. Схема размещения оборудования в поперечном сечении ствола приведена на рис. 6.3.

Для стабилизации положения бадей во время движения и исключения их соударения между собой и стенками ствола используют направляющие канаты, по которым скользит направляющая рама, перемещающаяся вместе с бадьей. Каждый подъемный сосуд должен иметь два направляющих каната.

При проходке стволов для проветривания применяют вентиляторы, нагнетающие или отсасывающие воздух по металлическим или текстолитовым вентиляционным трубам диаметром от 500 до 900 мм. Вентиляционные трубы подвешивают в стволе к канатам, расстрелам или к крепи так, чтобы они не несли нагрузку от собственного веса.

При малых притоках воды (до 5 м³/ч) ее удаляют из забоя одновременно с выдачей породы в бадьях. Вода в бады перекачивается по гибким шлангам с помощью погружных пневматических насосов. При притоках воды, превышающих 5 м³/ч, для водоотлива применяют подвесные вертикальные электрические насосы, вода к которым подается забойным насосом. Если глубина ствола больше высоты нагнетания насоса, то устраивают одну или несколько перекачных промежуточных станций (см. рис. 6.2).

Для уменьшения притока воды в забой применяют водоулавливание с помощью системы желобов, устраиваемых ниже водоносных горизонтов. Собранная вода отводится по трубам в ближайшую перекачную станцию.

Освещение ствола во время проходки осуществляется электролампами от сети напряжением 127 В. Мощность электроламп должна быть такой, чтобы на 1 м² площади забоя и полка приходилось соответственно не менее 15 и 10 Вт. Несмотря на наличие стационарного освещения, рабочие должны иметь при себе переносные аккумуляторные светильники на случай перерыва в электроснабжении. Кроме того, по всей длине ствола выше подвесных полков через каждые 30 м подвешивают электрические светильники мощностью не менее 50 Вт каждый.

Между забоем ствола и поверхностью устанавливается телефонная

или радиотелефонная связь. В случае отказа этих видов связи возможна световая и звуковая сигнализация между забоем, рукоятчиком у ствола на поверхности и машинистом подъемной машины.

Для подъема людей при аварийных ситуациях стволы оборудуются аварийными лестницами. Размеры лестницы принимаются из расчета размещения на ней всей смены находящихся в забое ствола рабочих. Скорость подъема людей по лестнице ограничивается 0,5 м/с.

6.3. Крепление и армирование стволов

При проходке ствола применяют два вида крепи: временную и постоянную. Временную крепь возводят в том случае, если необходимо предотвратить вывалы пород из стенок ствола до возведения постоянной крепи. Временная крепь представляет собой металлические кольца, состоящие из 4—6 частей. Материалом для временной крепи служит металлический прокат (швеллерная балка). Кольца временной крепи подвешиваются на расстоянии 1 м друг от друга. Пространство между кольцами временной крепи и стенками ствола отшивают досками и распирают деревянными клиньями. Расстояние между забоем и первым кольцом временной крепи не должно превышать 2 м.

Постоянную крепь возводят звеньями по 30—50 м по мере проходки ствола. В каждом звене постоянной крепи в нижней его части сначала устраивают из бетона основной венец, который служит основанием (фундаментом) для звена постоянной крепи. Постоянную крепь возводят из бетона и железобетонных тюбингов с подвесного полка. По мере возведения постоянной крепи подвесной полки поднимают. В подвесном полке имеются отверстия для пропуска канатов и труб к забою ствола. Отверстия в полке во избежание падения в них людей ограждаются раструбами. Для большей безопасности от падения полка он снабжен выдвижными балками-ригелями, концы которых выдвинуты так, чтобы задерживать полку на постоянной крепи. Перед укладкой бетона возводят деревянную или металлическую опалубку. Бетонную смесь подают с поверхности по трубопроводу или в специальных бадьях. По мере возведения постоянной крепи временную крепь удаляют. При проходке ствола по слабым породам, когда существует опасность вывалов породы и стенок ствола, временную крепь оставляют.

Временную крепь не устанавливают, если постоянная крепь возводится непосредственно в забое или с отставанием от него на 2—4 м.

Для точного безопасного движения подъемных сосудов при эксплуатации шахты ствол разделяют с помощью расстрелов на отделения. В каждом отделении может двигаться только один какой-либо подъемный сосуд. Кроме отделений для подъема в стволе устраиваются лестничные отделения и отделения для подвески кабелей и трубопроводов. Установку в стволе расстрелов, проводников, трубопроводов, лестничных отделений называют *армированием ствола*. Ствол армируется или после его проходки на полную глубину, или одновременно с проходкой по мере возведения крепи. Более широко распространен в практике второй способ.

При армировании ствола после окончания его проходки используют двухэтажный подвесной полук. На нижнем этаже полка устраивают лунки в крепи ствола для установки расстрелов, а на верхнем полке устанавливают расстрелы и заделывают их бетоном. После установки расстрелов полук разбирают в околоствольном дворе и выдают на поверхность. Для установки проводников в стволе монтируют подвесные многоэтажные люльки, подвешенные на канатах. Проводники опускают по стволу к месту их установки на канатах. Порядок навески проводников — снизу вверх.

Существуют также другие способы армирования стволов. В последние годы стали применять проходческое оборудование, рассчитанное как на проходку, так и на армирование ствола.

Объем и трудоемкость работ по армированию стволов значительно меньше, чем при выемке породы и возведении постоянной крепи. Однако в общей продолжительности сооружения стволов на долю армирования (для глубоких стволов) приходится 12—15% (до 15 мес). Средняя скорость армирования (установки расстрелов и навески проводников) составляет 200—220 м/мес. Дальнейшее совершенствование армирования направлено на внедрение более рациональных технологических схем, обеспечивающих сокращение продолжительности, трудоемкости, улучшение качества и снижение стоимости работ.

6.4. Организация работ при проходке стволов

Можно выделить три основные технологические схемы проходки вертикальных стволов: последовательную, параллельную и совмещенную.

Последовательная схема проходки характеризуется тем, что сначала проходят ствол и крепят его временной крепью на высоту одного звена постоянной крепи, затем в том же звене возводят постоянную крепь. В графике организации работ на время проходки предусматриваются буровзрывные работы, выдача породы, возведение временной крепи, проветривание, водоотлив, спуск временной крепи и другие операции, на время возведения постоянной крепи — снятие и выдача временной крепи, спуск материала для возведения постоянной крепи. После возведения постоянной крепи приступают к проходке ствола в следующем звене. Армирование производят уже в полностью закрепленном стволе.

Последовательная схема проста в организационном отношении. Ее применение требует сравнительно небольшого штата рабочих и наименьшего количества оборудования.

Недостаток схемы заключается в том, что даже при хорошей организации работ скорость сооружения ствола невелика — 60—65 м/мес. В связи с этим последовательную схему применяют при глубине ствола 200—250 м.

Параллельная схема характеризуется тем, что работы по проходке ствола и возведению постоянной крепи ведут одновременно в двух соседних звеньях: в нижнем проходку, в верхнем возведение постоянной

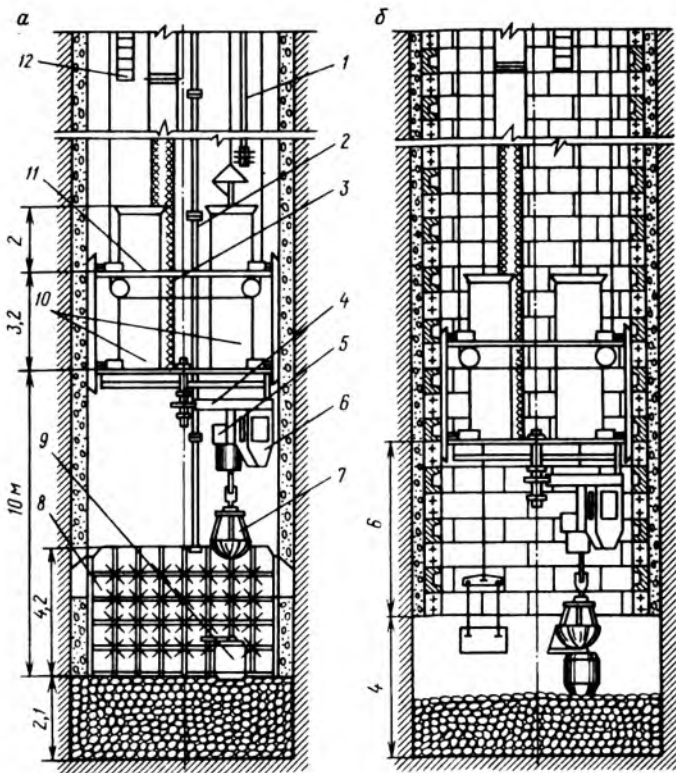


Рис. 6.4. Совмещенная схема проходки ствола:

1 — трубопровод сжатого воздуха; 2 — трубопровод для спуска бетонной смеси; 3 — вентиляционный трубопровод; 4 — кран-балка; 5 — тельфер-грейфера; 6 — кабина машиниста; 7 — грейферный погрузчик; 8 — передвижная опалубка; 9 — проходческая бадейка; 10 — раструбы для прохода бадей; 11 — подвесной полук-каретка; 12 — спасательная лестница

крепи. Армирование ствола производят либо по окончании проходки и возведении постоянной крепи, либо одновременно с возведением постоянной крепи.

При этой схеме одна бригада все время занята на проходке ствола, а другая — на возведении постоянной крепи. Работа по параллельной схеме требует большего штата рабочих и большего количества оборудования, чем при последовательной схеме, а также увязки между собой процессов проходки ствола и возведения постоянной крепи.

Скорость возведения постоянной крепи в 2—4 раза выше скорости проходки ствола. Поэтому проходка ведется в течение четырех смен в сутки, а возведение постоянной крепи — в течение одной—двух смен.

Достоинство параллельной схемы — большая скорость сооружения ствола, достигающая 100—150 м/мес и более. Недостатками схемы яв-

ляются большой штат рабочих, необходимость использования значительного количества оборудования, а также сложность организации работ и выполнения требований правил безопасности.

Эту схему применяют при проходке стволов значительной глубины (более 250 м).

При совмещенной схеме (рис. 6.4) временную крепь не возводят. Проходку и возведение постоянной крепи ведут в одном и том же звене.

Совмещенная схема применяется в двух вариантах. При первом варианте после подвигания забоя ствола на 2--2,5 м возводят постоянную крепь, а затем вновь приступают к проходке. Второй вариант характеризуется параллельным выполнением процессов проходки и возведения постоянной крепи с отставанием от забоя на 2--4 м. Эта схема применяется при устойчивых породах, позволяющих проходить ствол без временной крепи.

Из рассмотренных технологических схем проходки вертикальных стволов в обычных условиях наиболее широкое применение в настоящее время имеет совмещенная схема проходки с возведением постоянной бетонной (см. рис. 6.4, а) и реже тюбинговой (см. рис. 6.4, б) крепи из забоя при частичном совмещении во времени отдельных технологических процессов проходческого цикла.

При скоростной проходке стволов на глубоких шахтах применяют параллельную схему с возведением постоянной крепи с подвеса полка при использовании щита-оболочки вместо временной крепи. Указанная схема обеспечивает совмещение во времени работ по возведению постоянной крепи и выемке породы. При этом предпочтение отдается высокопроизводительному оборудованию: комплексам для проходки устьев стволов КПШ, «Темп» и АПУ, установкам для бурения шпуров СМБУ-4м и БУКС, породопогрузочным комплексам КС-2у/40. Погрузочный комплекс КС-2у/40 оборудован шестилопастными грейферными грузчиками вместимостью до 0,65 м³ каждый, управление которыми ведется из кабины машиниста. Перемещение грейферного грузчика можно производить как по окружности, так и по радиусу, что позволяет опускать его в любое место забоя ствола для загрузки с последующей разгрузкой в бадью.

6.5. Углубка стволов

Углубка ствола представляет собой увеличение глубины существующего ствола для вскрытия и отработки запасов нового горизонта. Углублять ствол можно с промежуточных горизонтов или с поверхности. В забое углубляемого ствола условия работы ничем не отличаются от условий работы при проходке. Однако из-за отсутствия достаточного места для размещения проходческого оборудования около действующего ствола эти работы значительно осложнены. Ежегодно на угольных шахтах углубляют 23--26 стволов. Основные работы по углубке стволов проводят в Донецком, Кузнецком, Карагандинском и Печорском бассейнах.

Диаметр углубляемых стволов, как правило, равен диаметру эксплуатирующихся стволов, который изменяется от 5 до 8 м с интервалами по диаметру через 0,5 м.

Шаг углубки, т. е. протяженность участка ствола, на которую он углубляется, обычно равен расстоянию по вертикали между горизонтами. На пологих угольных пластах шаг углубки составляет 80—100 м, на месторождениях с крутым залеганием пластов — 150 м.

По сравнению с проходкой ствола углубка сопряжена с рядом затруднений, обусловленных сложностью вентиляции, водоотлива, транспортирования породы, приготовления и спуска бетонной смеси, спуска-подъема людей, материалов и оборудования. При углубке стволов необходимо строить, а затем ликвидировать в отдельных случаях предохранительные устройства, проводить временные горные выработки для монтажа оборудования. По указанным причинам скорость углубки стволов в 2,5—3 раза, а производительность труда рабочего в 1,5—2 раза ниже, чем при проходке стволов. Работы, связанные с углубкой стволов, занимают 30—50% общей продолжительности подготовки нового горизонта.

Углубку с поверхности ведут при глубине ствола не более 250 м. При большей глубине породу, получаемую при углубке, выгоднее поднимать на действующий горизонт и затем выдавать на поверхность эксплуатационным подъемом — клетевым или скиповым.

При углубке из подземных выработок места для расположения оборудования еще меньше, чем при углубке с поверхности. Наилучшие условия для углубки будут в том случае, если она предусмотрена проектом шахты.

Стволы можно углублять как сверху вниз, так и снизу вверх. При углубке ствола сверху вниз необходимо создать безопасные условия для рабочих в углубляемом стволе от падения предметов и подъемных сосудов в случае обрыва канатов. Для этого в стволе ниже зумпфа оставляют породный целик высотой 6—8 м (рис. 6.5, а) или устраивают полук (рис. 6.5, б) с резервуаром для сбора воды. Воду откачивают насосом. Углубку с оставлением целика применяют при устойчивых породах в месте расположения целика, с возведением полка — при неустойчивых породах. Необходимым условием использования обеих схем является наличие в стволе углубочного отделения.

Если в действующем стволе отсутствует углубочное отделение, то на некотором расстоянии (20—30 м) от ствола проходят слепой ствол (рис. 6.5, в), от которого к углубляемому стволу проводят горизонтальную выработку на глубине 20—25 м от действующего горизонта. Под зумпфом углубляемого ствола оставляют целик высотой 5—6 м. Вместо слепого ствола можно провести наклонную выработку, оборудованную для подъема породы в применяемых на эксплуатационном горизонте вагонетках.

При углубке ствола из подземных выработок подъемные машины и лебедки устанавливают в существующих или специально сооружаемых для этой цели выработках, число которых должно быть минимальным во избежание ослабления массива пород вблизи ствола.

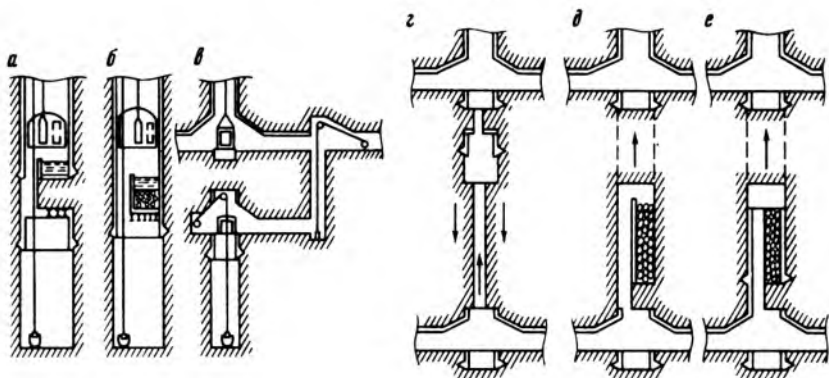


Рис. 6.5. Схемы углубки стволов сверху вниз (а, б, в) и снизу вверх (z, д, е):

При многократной углубке ствола и наличии выше рабочего горизонта отработанного или вентиляционного горизонта на нем можно установить подъемные машины и лебедки. В некоторых случаях подъемную машину целесообразно установить на поверхности, а подъем породы от углубки ствола производить на действующий горизонт.

По окончании углубки ствола целик под зумпфом удаляют и возводят постоянную крепь, а затем ствол армируют.

Углубка ствола снизу вверх возможна, если на вскрываемый горизонт пройдена уже какая-либо выработка. Из двух углубляемых стволов один может быть пройден сверху вниз, а второй снизу вверх. В ряде случаев целесообразно проведение вблизи ствола по пласту уклона с использованием его для углубки ствола снизу вверх. Для углубки ствола снизу вверх можно предварительно пройти сначала выработку с малой площадью поперечного сечения, а затем расширить ее сверху вниз до необходимых размеров (рис. 6,5, z). При достаточно устойчивых породах возможна углубка ствола снизу вверх на полное сечение с применением временной крепи при последующем возведении постоянной крепи (рис. 6,5, д). Одновременно с углубкой снизу вверх можно также возводить постоянную крепь заходками по 1,5 м по совмещенной схеме (рис. 6,5, е).

Углублять стволы снизу вверх можно только при достаточно устойчивых породах и не на газообильных шахтах.

На угольных шахтах СССР преимущественное распространение получила углубка стволов сверху вниз.

Темпы углубочных работ значительно ниже темпов проходки стволов. Средняя скорость углубки стволов составляет 8—12 м/мес, а максимальная — 40—50 м/мес.

6.6. Специальные способы проходки стволов

Специальные способы проходки стволов применяются в тех случаях, когда проходка стволов обычным способом технически невозможна из-за наличия плывунов, сильной трещиноватости и водоносности (приток воды более $8 \text{ м}^3/\text{ч}$) пород, наличия обводненных карстовых известняков и др.

Наиболее известен специальный способ проходки ствола с помощью забивной крепи, применяемый при проходке через сыпучие породы или плывуны. В настоящее время он используется лишь при мощности плывуна не более 1 м и отсутствии в нем напорных вод. По периметру ствола забивают металлические сваи, нижние концы которых должны углубляться в пласт водоупорной породы, подстилающей плыун, а верхние — возвышаться над уровнем плывуна. Сваи наиболее целесообразно забивать вибраторами, что возможно только при отсутствии в плывунах валунов.

Другим специальным способом является проходка с помощью опускной крепи. Опуская крепь в собранном виде погружается в неустойчивую водоносную породу под действием собственного веса или внешней нагрузки (принудительное опускание). В нижней части опускной крепи находится металлический режущий башмак, который врезается в породу. Внутри крепи породу вынимают в таком количестве, которое обеспечивает дальнейшее опускание крепи.

По достижении опускной крепью крепкой породы возводят основной венец, после чего продолжают углубку ствола обычным способом. Опускную крепь изготовляют из бетона, железобетонных и чугунных тюбингов.

Обычной опускной крепью нельзя пройти ствол по напорным плывунам. Плыун, находящийся под напором, будет все время выдавливаться в ствол. Для того чтобы уравновесить давление напорного плывуна, в нижней части опускной крепи устраивают воздухонепроницаемый потолок. Образующееся между забоем и потолком пространство называют кессоном. Для того чтобы плыун не мог прорваться в кессон, давление в нем должно быть больше гидростатического давления плывуна. Этот способ проходки стволов получил название кессонного. Для входа в кессон и выхода из него устраивают шлюзы. При входе в кессон люди сначала заходят в шлюз. Давление в шлюзе постепенно повышают до давления в кессоне, после чего люди входят в кессон. При выходе шлюзование производится в обратном порядке. Породу из кессона выдает через грузовой шлюз. Через грузовой шлюз подаются также материалы и оборудование. Средняя скорость проходки кессонным способом равна 15—20 м/мес, а трудоемкость проходки 1 м ствола — 80—150 чел.-смен.

В связи с тем, что работа в условиях высокого давления воздуха неблагоприятно сказывается на здоровье человека, кессонный способ проходки применяется в нашей стране лишь в тех случаях, когда давление воздуха в кессоне не превышает 200 кПа.

Способ искусственного понижения уровня подзем-

ных в вод используется при проходке стволов по породам, легко отдающим воду. При откачке воды из скважин, пробуренных по периметру ствола, образуется депрессионная воронка и уровень воды понижается. Скважины бурят вокруг ствола, располагая их по окружности диаметром на 4 м больше диаметра ствола. Диаметр скважин 300—500 мм, число их от 3 до 6. Скважины должны быть углублены в подстилающую породу на 3—5 м. Средняя скорость проходки стволов таким способом незначительна.

Проходка стволов с предварительным тампонированием горных пород предусматривает заполнение в них трещин для прекращения или существенного уменьшения поступления воды или газа в ствол. Тампонирование целесообразно при притоке воды более 8 м³/ч. В качестве заполнителя трещин применяют цементный раствор, глинистый раствор, расплавленный битум и различные химические реагенты. В зависимости от заполнителя способы тампонирования разделяют на цементацию, глинизацию, битумизацию и химизацию.

Тампонирование до проходки ствола называют предварительным, а тампонирование пород за крепью пройденного ствола — последующим.

Предварительную цементацию производят либо с поверхности, либо из забоя ствола. По затампонированным породам ствол проходят обычным способом. Последующее тампонирование предназначено для заполнения пустот и трещин за крепью. Это увеличивает срок службы крепи и оборудования, уменьшает приток воды в ствол.

Глинизацию применяют при проходке стволов по карстовым известнякам с большими полостями и пещерами. Цементация таких пород стоила бы дорого из-за большого расхода цемента. Кроме того, глинизация с использованием специальных глин с добавлением цемента и химических добавок расширяет диапазон закрепления пород, слабо подверженных чистой цементации.

Битумизация находит применение при проходке стволов по трещиноватым породам, которые содержат воду, выщелачивающую цемент. Битум, нагретый до температуры 145 °С, подают к забоя по трубам и заполняют им трещины в породах. При остывании битум затвердевает и породы становятся водонепроницаемыми.

Способ химизации горных пород заключается в нагнетании в них различных химических реагентов. Наиболее распространена силикатизация (двурастворная и однорастворная). Двурастворная силикатизация предусматривает использование жидкого стекла и раствора хлористого кальция, которые, вступив в реакцию, образуют гель кремниевой кислоты. Гель заполняет трещины в породах и после затвердевания цементирует их. При однорастворной силикатизации в породы нагнетают жидкое стекло с добавкой кислоты. В результате реакции раствора с горной породой образуется гель кремниевой кислоты, действующий так же, как и при двурастворной силикатизации.

Помимо силикатизации применяют способ химического укрепления горных пород, предусматривающий нагнетание в них различных полимерных смол с отвердителями. При химическом укреплении достигается

значительная прочность массива. Однако этот способ дорог и технологически сложен.

Проходка стволов способом замораживания заключается в том, чтобы образовать вокруг ствола до начала его проходки ледопородный цилиндр. Для этого вокруг ствола бурят скважины по окружности (рис. 6.6). Через одну скважину можно заморозить породы в виде цилиндра диаметром около 2,5 м. Учитывая разброс в отклонениях скважин от вертикали и необходимость получения ледопородного цилиндра определенной толщины, расстояние между скважинами принимают равным 0,9—1,1 м.

В скважины опускают замораживающие колонки. Каждая колонка состоит из двух труб — внутренней и внешней. По внутренней подают рассол хлористого кальция, охлажденный до температуры — 20—30 °С,

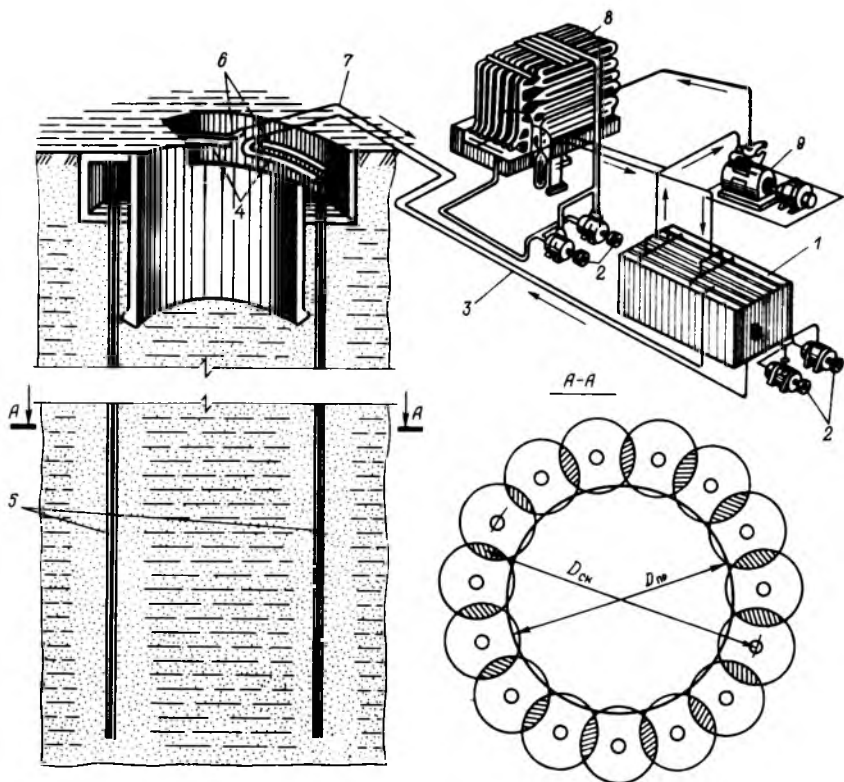


Рис. 6. 6. Схема проходки ствола способом замораживания:

1 — испаритель; 2 — насосы; 3 — трубопровод прямой подачи; 4 — распределители; 5 — замораживающие колонки; 6 — коллекторы; 7 — трубопровод обратной подачи; 8 — конденсатор; 9 — двухступенчатый компрессор; $D_{ств}$ — диаметр ствола в проходке; $D_{скв}$ — диаметр окружности, по которой бурят скважины

а по внешней отводят отработанный раствор. Рассол, поднятый по скважине, направляют в холодильную установку и вновь подают во внутреннюю колонку. Постепенно вокруг будущего ствола образуется ледопородный цилиндр.

После проходки ствола и возведения крепи ледопородный цилиндр размораживают, подогревая тот же рассол (активное оттаивание). Оставлять ледопородный цилиндр незамороженным не рекомендуется, так как может произойти неравномерное оттаивание и нарушение крепи. Средняя скорость проходки стволов способом замораживания составляет 30—40 м/мес.

В угольной промышленности проходку вертикальных вентиляционных стволов осуществляют также способом бурения. При этом используются отечественные (типы РТБ, УЗТМ) и зарубежные (фирмы «Вирт») установки.

Бурение ведут с промывкой глинистым раствором, который выносит на земную поверхность частицы разрушенной породы. На поверхности глинистый раствор очищают от породы и вновь используют. После окончания бурения ствол крепят постоянной крепью.

В последние годы увеличивается объем проходки стволов комбайновым способом с помощью стволопроходческих комплексов СК-1. Их применение позволяет уменьшить сроки сооружения вертикальных стволов и повысить сменную производительность труда проходчика с 2—2,5 м³ готового ствола до 10—12 м³.

Вопросы для самоконтроля

1. Каков перечень работ, выполняемых в подготовительный период при проходке вертикальных стволов?
2. Каково содержание основных процессов проходки вертикальных стволов?
3. Какие средства механизации используются при буровзрывном способе проходки вертикальных стволов?
4. Когда необходимо возведение временной крепи при проходке вертикальных стволов?
5. Каковы основные технологические схемы проходки вертикальных стволов?
6. Какие факторы ограничивают применение углубки вертикальных стволов снизу вверх?
7. В чем сущность кессонного способа проходки вертикальных стволов?
8. Каков перечень специальных способов проходки вертикальных стволов?

ВСКРЫТИЕ, ПОДГОТОВКА И СИСТЕМЫ РАЗРАБОТКИ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОДЗЕМНЫМ СПОСОБОМ. УПРАВЛЕНИЕ ГОРНЫМ ДАВЛЕНИЕМ

7. ВСКРЫТИЕ И ПОДГОТОВКА ШАХТНЫХ ПОЛЕЙ

7.1. Понятие о шахтном поле, его размерах и сроке службы шахты

Шахтным полем называют месторождение или его часть, отводимую для разработки одной шахтой. Размеры шахтного поля зависят прежде всего от размеров самого месторождения. Месторождение по своим размерам и запасам может быть небольшим и для его полной отработки может потребоваться только одна шахта. Однако на практике в границах одного месторождения, как правило, располагается несколько шахтных полей, размеры которых определяются условиями залегания, мощностью угольных пластов и производственной мощностью угледобывающего предприятия. Размеры шахтных полей отдельных шахт, разрабатывающих пологие пласты, достигают 15—20 км по простиранию и до 4—5 км по падению.

Шахта характеризуется годовой мощностью A_r (тыс. т/год), сроком службы и промышленными запасами угля в шахтном поле $Z_{\text{пром}}$ (тыс. т). Эти параметры связаны между собой следующей зависимостью, определяющей срок службы шахты T (лет):

$$T = Z_{\text{пром}} / A_r.$$

Срок службы шахты с годовой мощностью более 1,8 млн т в соответствии с нормами технологического проектирования следует принимать не менее 50—60 лет. Рекомендуемые значения годовой мощности шахт составляют 1,5; 1,8; 2,4; 3; 3,6; 4,5; 6 млн т.

7.2. Деление шахтного поля на части

Шахтные поля подготавливают и отрабатывают частями по определенному порядку. Существует несколько условных делений шахтного поля на части. Условной вертикальной плоскостью, проходящей через ось вертикального, как правило, главного ствола и ориентированной по линии падения, шахтное поле разделяется на два крыла. В случае, если ствол находится на одной из границ шахтного поля по простиранию, последнее называется *однокрылым*.

При залегании угольных пластов, отличным от горизонтального, горизонтальными плоскостями, проходящими по главным откаточным выработкам шахты, шахтное поле условно делится на *выемочные горизон-*

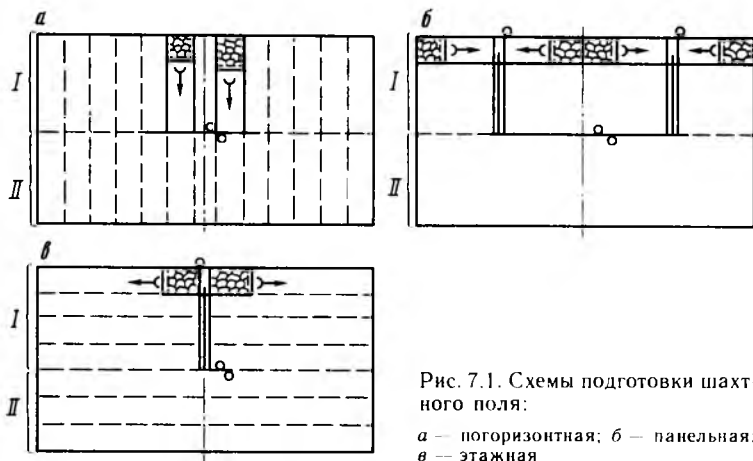


Рис. 7.1. Схемы подготовки шахтного поля:

а — погоризонтная; б — панельная; в — этажная

ты (при пологом и слабо наклонном залегании пластов) или этажи (при наклонном и крутом залегании пластов).

Часть шахтного поля, расположенная выше уровня откаточного горизонта, называется *бремсберговой*, ниже — *уклонной частью*. Бремсберговые и уклонные части выемочного горизонта в свою очередь делятся на части. В зависимости от вида их деления различают погоризонтную, панельную и этажную схемы подготовки шахтного поля (рис. 7.1).

При погоризонтной подготовке шахтного поля запасы в пределах выемочного горизонта разрабатываются выемочными участками, вытянутыми по падению (восстанию) пласта (см. рис. 7.1, а). Из-за невозможности обеспечения конвейерного транспортирования угля по наклонным выработкам область применения погоризонтной подготовки ограничена углами падения пластов до 10° . При ее использовании отсутствует необходимость в промежуточном делении выемочного горизонта на части, что существенно снижает объем проведения подготовительных выработок на 1000 т запасов, упрощает схемы транспорта и проветривания выемочных участков. В настоящее время погоризонтная подготовка широко распространена при строительстве новых и реконструкции действующих угольных шахт.

В зависимости от того, в каком направлении ведется отработка запасов выемочного горизонта (от границ шахтного поля к стволу или от ствола к границам) говорят об обратном или прямом порядке отработки горизонта. При прямом порядке отработки сокращаются сроки ввода в действие горизонта, но увеличиваются затраты на поддержание штреков, так как они будут находиться в непосредственной близости от уже отработанных пространств. При обратном порядке отработки штреки проводятся сразу на всю длину, что увеличивает длительность подготовки горизонта, но существенно снижает затраты на их поддержание.

При горизонтальных, пологих и слабонаклонных пластах шахтное поле или выемочный горизонт делят также на панели. П а н е л ь — часть

выемочного горизонта, которая имеет собственную транспортную выработку (панельный бремсберг или уклон), служащую для дальнейшей подготовки и отработки запасов панели путем деления ее на ярусы (см. рис. 7.1, б). Такая схема подготовки называется *панельной*. Границами панели по падению могут быть главный откаточный штрек и границы шахтного поля (выемочного горизонта), по простиранию — условные плоскости или разделительные целики. Размер панели по простиранию 2500—3000 м, по падению 1200—1500 м. Оработка панелей может вестись как от границ шахтного поля, так и от центра (обратный и прямой порядок отработки шахтного поля).

На наклонных и крутых пластах применяют только *этажную* схему подготовки (см. рис. 7.1, в). При наклонном залегании пластов шахтное поле делят на выемочные горизонты, а затем на этажи, при крутом залегании — непосредственно на этажи. Этажом называют часть шахтного поля, ограниченную по падению этажными откаточным и вентиляционным штреками, а по простиранию — границами шахтного поля. Размер этажа по падению на наклонных пластах 300 м, на крутых — 100—150 м.

7.3. Вскрытие шахтных полей

Вскрытием шахтного поля называется проведение комплекса горных выработок, обеспечивающих доступ с поверхности к полезному ископаемому.

Горные выработки, обеспечивающие вскрытие шахтного поля, делятся на основные (вертикальные и наклонные стволы, штольни) и дополнительные (квершлагги, скаты, гезенки, слепые стволы) вскрывающие выработки.

В зависимости от вида основной вскрывающей выработки вскрытие шахтных полей можно разделить на следующие способы: вскрытие вертикальными стволами; вскрытие наклонными стволами; вскрытие штольнями; комбинированное.

Вскрытие шахтных полей вертикальными стволами и может применяться при самых различных горно-геологических и горнотехнических условиях. Вертикальными стволами вскрываются как одиночные пласты, так и свиты пластов, залегающие на глубине 50 м и более.

При вскрытии одиночного угольного пласта от места его пересечения вертикальным стволом, где оборудуется околоствольный двор, в обе стороны проводят основные штреки, а из них — выработки, обусловленные схемой подготовки шахтного поля.

Если месторождение представлено свитой пластов, а размеры шахтного поля по падению невелики (1500—2000 м), то вскрытие осуществляют вертикальными стволами и капитальным квершлагом, соединяющим пласты на главном откаточном горизонте (рис. 7.2).

При большом размере шахтного поля по падению применяют вскрытие вертикальными стволами и погоризонтными квершлагами (рис. 7.3).

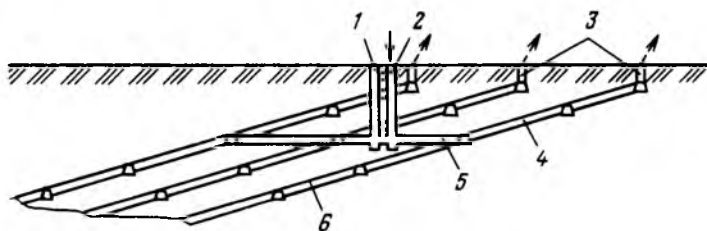


Рис. 7.2. Вскрытие свиты пластов вертикальными стволами и капитальным квершлагом:

1 — главный ствол; 2 — вспомогательный ствол; 3 — шурфы; 4 — бремсберг; 5 — капитальный квершлаг; 6 — уклон

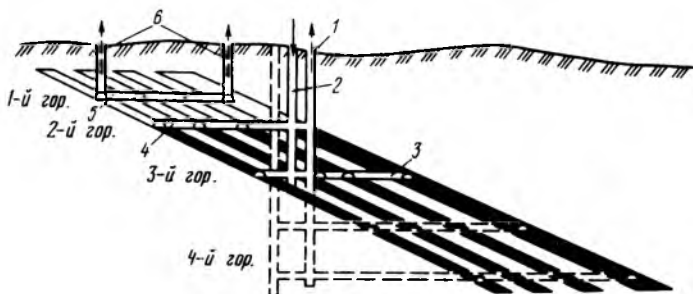


Рис. 7.3. Вскрытие вертикальными стволами и погоризонтными квершлагами:

1, 2 — соответственно главный и вспомогательный стволы; 3, 4 — погоризонтные квершлаг; 5 — вентиляционный квершлаг; 6 — шурфы

По мере отработки запасов 1-го горизонта стволы углубляют до 2-го горизонта, а затем отрабатывают запасы между 1-м и 2-м горизонтами. К моменту отработки запасов на 2-м горизонте ствол углубляют до 3-го горизонта и т. д.

В связи с тем, что проходка стволов стоит дешевле, чем их углубка, в некоторых случаях вертикальные стволы проходят сразу всю необходимую глубину.

Наклонные и крутые пласты вскрывают вертикальными стволами и этажными квершлагами (рис. 7.4). Обычно проводят два ствола. Однако их число может быть и больше, что определяется мощностью шахты, глубиной разработки и газообильностью горных выработок. При вскрытии вертикальными стволами и этажными квершлагами вертикальные стволы постоянно углубляют по мере отработки запасов в пределах вышерасположенных этажей. При отработке следующего по падению этажа откаточные выработки вышерасположенного этажа служат для него вентиляционными.

Вскрытие вертикальными стволами и этажными квершлагами можно

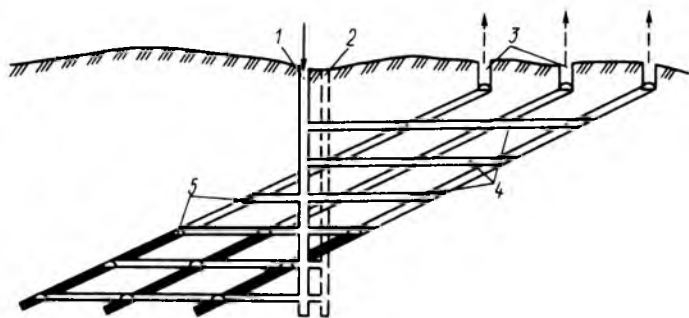


Рис. 7.4. Вскрытие вертикальными стволами и этажными квершлагами:

1 — вспомогательный ствол; 2 — главный ствол; 3 — шурфы; 4 — этажные квершлагги; 5 — этажные штреки

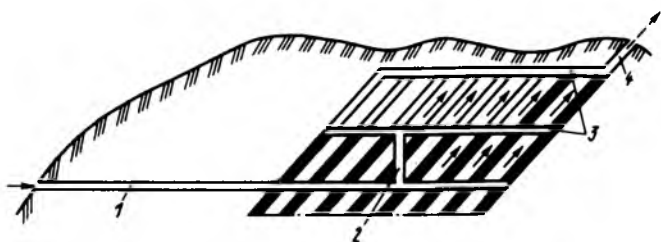


Рис. 7.5. Вскрытие штольней с этажными квершлагами, слепым стволом и гезенком

1 — штольня; 2 — гезенк; 3 — этажные квершлагги; 4 — шурф

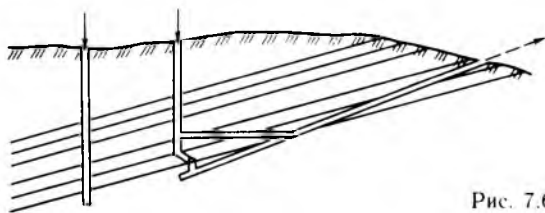


Рис. 7.6. Комбинированное вскрытие

применять также при свите пологих пластов. В этом случае необходимо провести сравнительный технико-экономический анализ эффективности этого варианта с вариантом вскрытия вертикальными стволами и капитальным квершлагом. При сравнении указанных вариантов исходят из длины этажных квершлагов, которая увеличивается с ростом расстояния между пластами. Соответственно растут затраты на проведение и поддержание этажных квершлагов.

При вскрытии свиты пологих ($< 8^\circ$) пластов вместо капитального

квершлага применяют капитальные гезенки, скаты или наклонные квершлагги.

При вскрытии наклонными стволами проводят, как правило, два или три наклонных ствола — главный и один—два вспомогательных. Главный ствол оборудуют конвейерными установками для транспортирования угля. Наклонные стволы проходят под углом не более 18° . Если угол залегания вскрываемых пластов превышает 18° , то наклонные стволы располагают под углом или вкрест простирания пород. Наклонные стволы проходят или сразу на полную длину, или углубляют их по мере отработки запасов в вышерасположенных частях шахтного поля.

Достоинствами вскрытия наклонными стволами являются возможность полной конвейеризации транспортирования угля от забоя до поверхности, упрощенный поверхностный комплекс. К недостаткам вскрытия наклонными стволами относятся сравнительно небольшая область применения из-за ограничений по глубине и углу падения пластов и повышенные затраты на поддержание наклонных стволов и обслуживание транспортного оборудования.

В районах с холмистым рельефом местности шахтные поля можно вскрывать штольнями (рис. 7.5), проводимыми по пласту или породам. При вскрытии пологого пласта штольней та его часть, которая располагается выше уровня штольневого горизонта, может быть отработана с помощью бремсбергов, а нижняя — с помощью уклонов. Основные достоинства штольневого вскрытия — отсутствие механического подъема угля на поверхность и сокращение сроков строительства шахты.

Комбинированное вскрытие предполагает вскрытие наклонным (главным) и вертикальным (вспомогательным) стволами (рис. 7.6).

При комбинированном вскрытии, когда наклонный ствол выполняет функции главного ствола, а вертикальный ствол служит для вспомогательных целей, в полной мере реализуются достоинства каждого из объединяемых способов вскрытия. Полная конвейеризация транспортировки угля (наклонный ствол) дополняется более эффективным способом доставки материалов и людей в шахту (вертикальный ствол).

Поля угольных шахт большой производственной мощности (≥ 3 млн т в год), разрабатывающих сильногазоносные пласты, делят на блоки (рис. 7.7). Каждый блок имеет самостоятельное проветривание, для чего проходятся блоковые вентиляционные стволы. Вместе с тем добываемый в отдельных блоках уголь концентрируется на главный транспортный штрек и собирается в околоствольном дворе центрального блока, где осуществляется его подъем на поверхность. Размер каждого блока по простиранию колеблется от 1,5 до 6 км.

Выбор рационального варианта вскрытия осуществляется путем сравнения вариантов, которое выполняется в два этапа: на первом намечаются возможные варианты вскрытия; на втором посредством сравнительной технико-экономической оценки конкурирующих вариантов выбирается лучший.

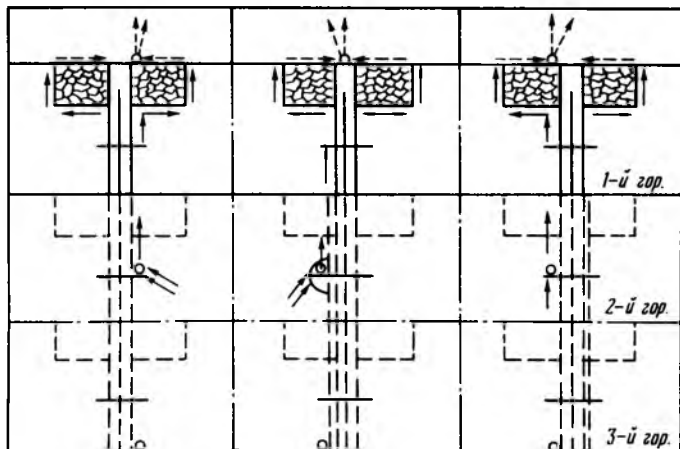


Рис. 7.7. Вскрытие шахтного поля с разделением на блоки

7.4. Околоствольные дворы и сооружения на поверхности шахты

Околоствольный двор — комплекс горных выработок, соединяющих стволы шахты с главными откаточными и вентиляционными выработками. Он предназначен для приема и выдачи полезного ископаемого и породы на поверхность, приема материалов и оборудования, доставляемых с поверхности, размещения камер различного технологического назначения.

В зависимости от схемы движения груженых и порожних составов околоствольные дворы подразделяются на круговые, петлевые, челноковые и тупиковые.

Круговые и челноковые околоствольные дворы принимают грузы с двух сторон ствола, петлевые и тупиковые — с одной.

В околоствольном дворе устраиваются следующие подземные камеры (рис. 7.8): центральной электростанции, главного водоотлива, электровазона, преобразовательной подстанции, депо противопожарного поезда, ожидания, медпункта, горноспасательного пункта, кладовой для хранения запасных частей, деталей инструмента и т. п. В районе околоствольного двора в обособленной выработке оборудуется склад ВМ. Ниже уровня околоствольного двора устраивается загрузочная камера скипового ствола, соединяющаяся с местом разгрузки вагонеток бункером.

На поверхности шахты (рис. 7.9) размещены здания и сооружения для приема угля, обработки его и погрузки на внешний транспорт, приема породы и вывода ее в отвалы, спуска и подъема материалов, людей и оборудования. Здесь же находятся электростанции, компрессорная станция, здания подъемных машин, котельная, сортировочная или обогати-

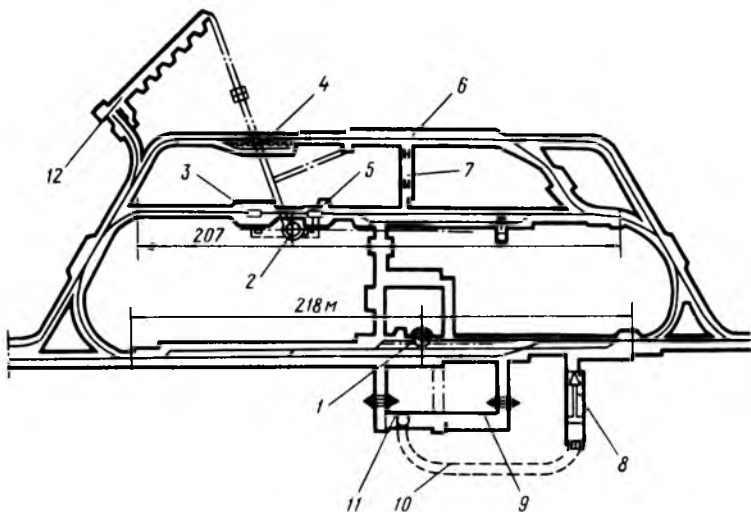


Рис. 7.8. Схема околоствольного двора:

1 — клетевой ствол; 2 — скиповой ствол; 3 — угольная разгрузочная яма; 4 — депо противопожарного поезда; 5 — породная разгрузочная яма; 6 — зарядная камера; 7 — преобразовательная подстанция; 8 — осветляющие резервуары; 9 — центральная электроподстанция; 10 — водосборник; 11 — насосная камера; 12 — склад ВМ

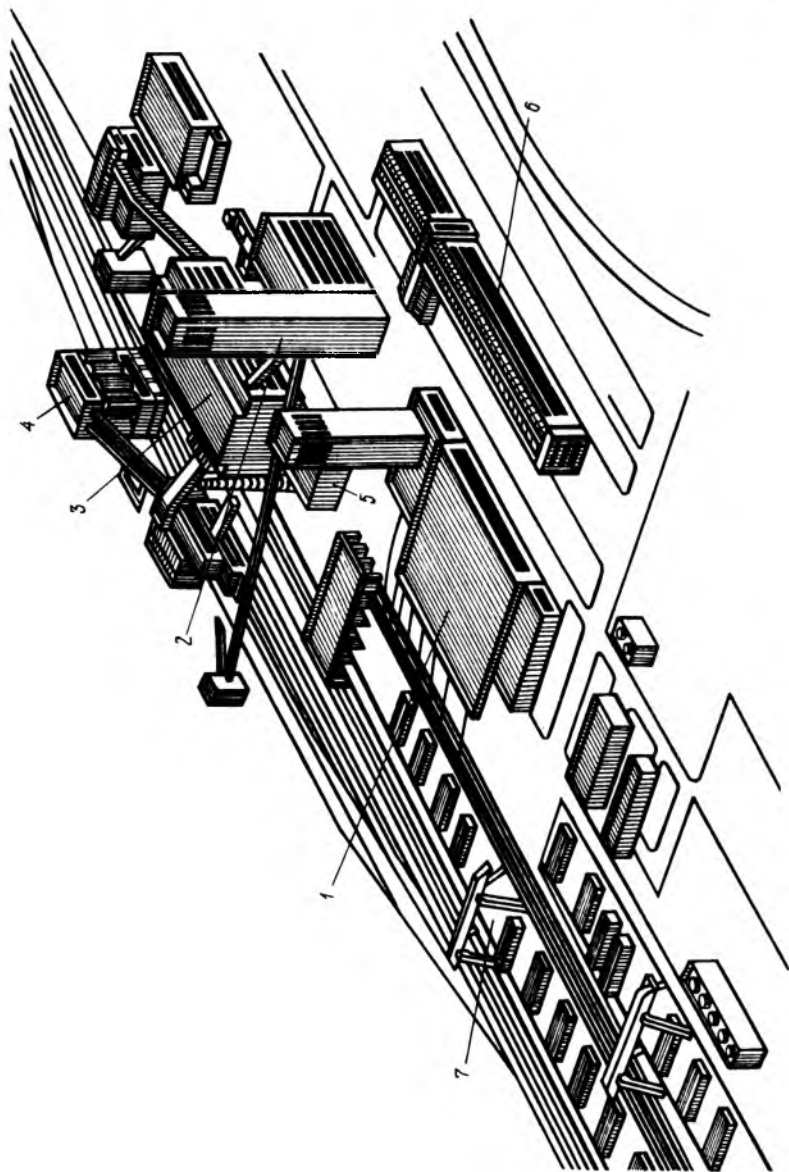
тельная фабрика. Для обслуживания персонала на поверхности шахты располагается административно-бытовой комбинат с необходимыми отделами и службами.

Современные шахты строят по типовым проектам. В основу такого проекта положен принцип проектирования путем создания крупных блоков из типовых секций различного технологического назначения. Практически все здания основного и вспомогательного назначения, расположенные на промплощадке шахты, сведены в три крупных блока: главного ствола, вспомогательного ствола и административно-бытового комбината.

Проект генерального плана предприятия должен предусматривать: сокращение территории под застройку; соблюдение нормативной плотности застройки; возможность расширения зданий и сооружений; оптимизацию людских и транспортных потоков; минимальные потери угля в охранных целиках под зданиями и сооружениями; возможность поэтапного ввода в эксплуатацию отдельных законченных технологических комплексов с соответствующими производственно-вспомогательными объектами (электроподстанции, водооборотные узлы, бытовые корпуса и т. д.); размещение объектов, обеспечивающее свободное развитие производства при последующих очередях строительства.

Применение в проектах мощного производственного и компактного оборудования позволяет уменьшать размеры зданий и сооружений. Ин-

Рис. 7.9. Генеральный план поверхности шахты:



1 — блок вспомогательного ствола; 2 — блок главного ствола; 3 — обогатительная установка; 4 — погруза; 5 — котельная; 6 — административно-бытовой комбинат; 7 — склад крепежных материалов

женерные коммуникации различного назначения необходимо проектировать в виде единой системы исходя из надземного размещения максимального числа трубопроводов и совмещенной прокладки трубопроводов и электрокабелей в специальных коммуникационных коридорах.

Вопросы для самоконтроля

1. Каков параметрический ряд годовой мощности угольных шахт, рекомендуемый нормами технологического проектирования?
2. Что такое бремсберговая и уклонная части шахтного поля?
3. Какие бывают схемы подготовки шахтных полей?
4. В чем назначение основных и дополнительных вскрывающих выработок?
5. В чем заключается сущность вскрытия шахтного поля с разделением на блоки?
6. Для чего предназначен околоствольный двор?
7. На какие основные технологические блоки разделяются здания и сооружения на поверхности шахты?

8. СИСТЕМЫ РАЗРАБОТКИ

8.1. Классификация систем разработки

Системой разработки называют определенный порядок ведения очистных и подготовительных работ, увязанный в пространстве и времени. Наибольшее влияние на выбор системы разработки оказывают мощность и угол падения пласта.

В зависимости от мощности пласта системы разработки делятся на два класса: с выемкой пласта на полную мощность и с делением пласта на отдельно вынимаемые слои. В свою очередь эти классы делятся на системы разработки с длинными и короткими очистными забоями. В зависимости от порядка ведения очистных и подготовительных работ системы разработки с длинными очистными забоями подразделяются на столбовую, сплошную и комбинированную, системы разработки с короткими очистными забоями — на камерную, камерно-столбовую и короткими столбами.

8.2. Столбовая система разработки

При столбовой системе разработки на момент пуска очистного забоя в эксплуатацию должны быть проведены все оконтуривающие выемочный столб подготовительные выработки, т. е. очистные и подготовительные работы разделены в пространстве. Такое разделение положительно сказывается на использовании высокопроизводительного оборудования в очистных и подготовительных забоях.

Столбовая система разработки находит применение при всех способах подготовки шахтных полей, приобретая в каждом случае характерные особенности.

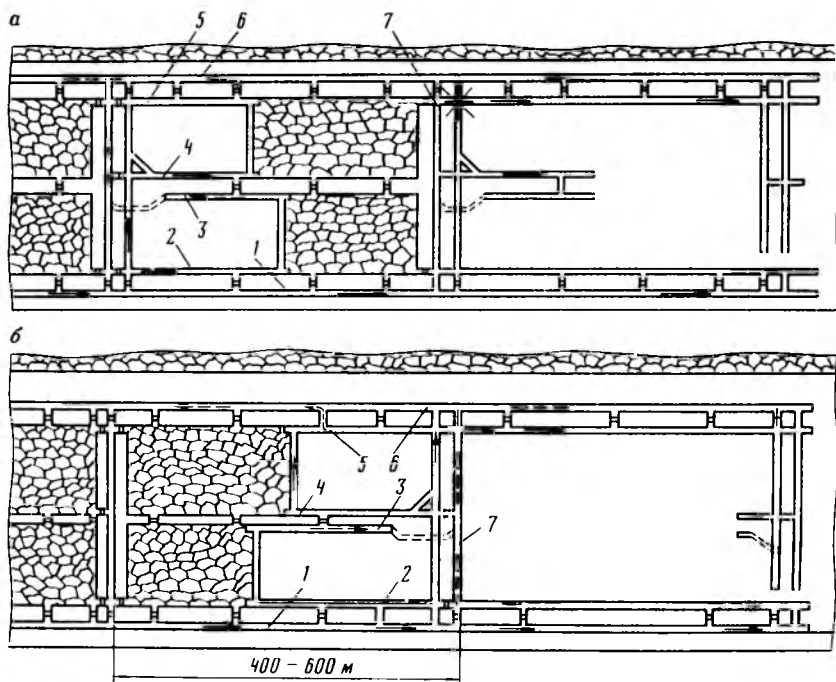


Рис. 8.1. Столбовая система разработки:

a — на задний бремсберг; *б* — на передний бремсберг; 1 — этажный откаточный штрек; 2 — конвейерный штрек; 3 — подэтажный вентиляционный штрек; 4 — подэтажный конвейерный штрек; 5 — вентиляционный просек; 6 — этажный вентиляционный штрек; 7 — участковый бремсберг

Столбовая система разработки лава-этаж применяется при отработке наклонных или крутых пластов, когда наклонная высота этажа не превышает 100—150 м.

В тех случаях, когда этаж невозможно отработать одной лавой, его делят по падению на подэтажи, обслуживаемые отдельными транспортными (подэтажными) штреками. Для транспортирования угля с подэтажных штреков на этажный штрек проводят участковые этажные бремсберги. Бремсберги, проводимые впереди лавы по мере ее подвигания к границе этажа, называют передними, а остающиеся позади — задними. Отработка столбов может производиться на задний или передний бремсберг, либо на двухсторонние бремсберга.

При столбовой системе с отработкой на задний бремсберг (рис. 8.1, *a*) общее направление подвигания работ в этаже — от ствола к границам шахтного поля. В каждом выемочном поле проводят сначала конвейерный и вспомогательный бремсберга, а затем подэтажные штреки. Подготовка столба к очистным работам заканчивается после проведения раз-

резной печи. Столб подготавливают на 1—2 мес раньше начала очистных работ.

Для исключения подработки бремсберга лаву верхнего подэтажа останавливают на расстоянии 10—15 м от бремсберга. После окончания очистных работ в нижнем подэтаже около бремсбергов оставляют угольные целики шириной по 15—20 м.

При столбовой системе с отработкой на передний бремсберг (рис. 8.1, б) очистные забои и забои подготовительных выработок движутся в одном направлении — к границе шахтного поля. Недостаток системы — повышенные затраты на транспортирование угля из-за необходимости транспортировать уголь сначала по направлению к границам шахтного поля, а затем уж в обратном направлении. В тех случаях, когда по условиям вентиляции возможно последовательное проветривание нескольких одновременно действующих лав, вместо двух подэтажных штреков проводят один. Вентиляционную струю из нижней лавы направляют в верхнюю.

Очистные работы в выемочном поле можно вести одновременно с двух сторон по отношению к бремсбергу. В этом случае расстояние между соседними бремсбергами должно быть больше, чем при односторонних бремсбергах. Бремсберг с двумя ходками обычно проводят посредине выемочного поля. Очистные работы начинают одновременно в одном и том же подэтаже по обе стороны от бремсберга.

При панельной подготовке шахтного поля и столбовой системе по простиранию длина крыла панели может достигать 1500—2000 м.

На рис. 8.2, а приведена разновидность столбовой системы по простиранию с охраной штреков целиками угля при отработке бремсберговой части панели. Подготовка ярусов осуществляется проведением спаренных штреков, периодически соединяемые вентиляционными сбойками. Один из штреков является откаточным, другой вентиляционным для расположенного ниже яруса. Отбитый в лаве уголь транспортируется по ярусному конвейерному штреку до погрузочного пункта на панельном конвейерном бремсберге. Свежий воздух к лаве подается по главному откаточному штреку, вспомогательному бремсбергу, ярусному вентиляционному штреку и затем через сбойку на конвейерный штрек. Отработанный воздух отводится по ярусному вентиляционному штреку, панельному людскому бремсбергу на главный вентиляционный штрек. Воздух из подготовительных забоев поступает, минуя очистные забои, сразу на панельный людской бремсберг.

На рис. 8.2, б показан вариант столбовой системы при отработке уклонной части панели. Особенности варианта являются подготовка столбов одинарными ярусными штреками с поддержанием их на границе с выработанным пространством и прямооточное нисходящее проветривание лав, для чего на границах панели проводятся фланговые наклонные выработки. Такая отработка позволяет двукратно использовать ярусные штреки и устранить потери угля в межстолбовых целиках.

Своеобразный вариант столбовой системы разработки (рис. 8.3) применяют на шахтах Подмосковского бассейна, характеризующихся

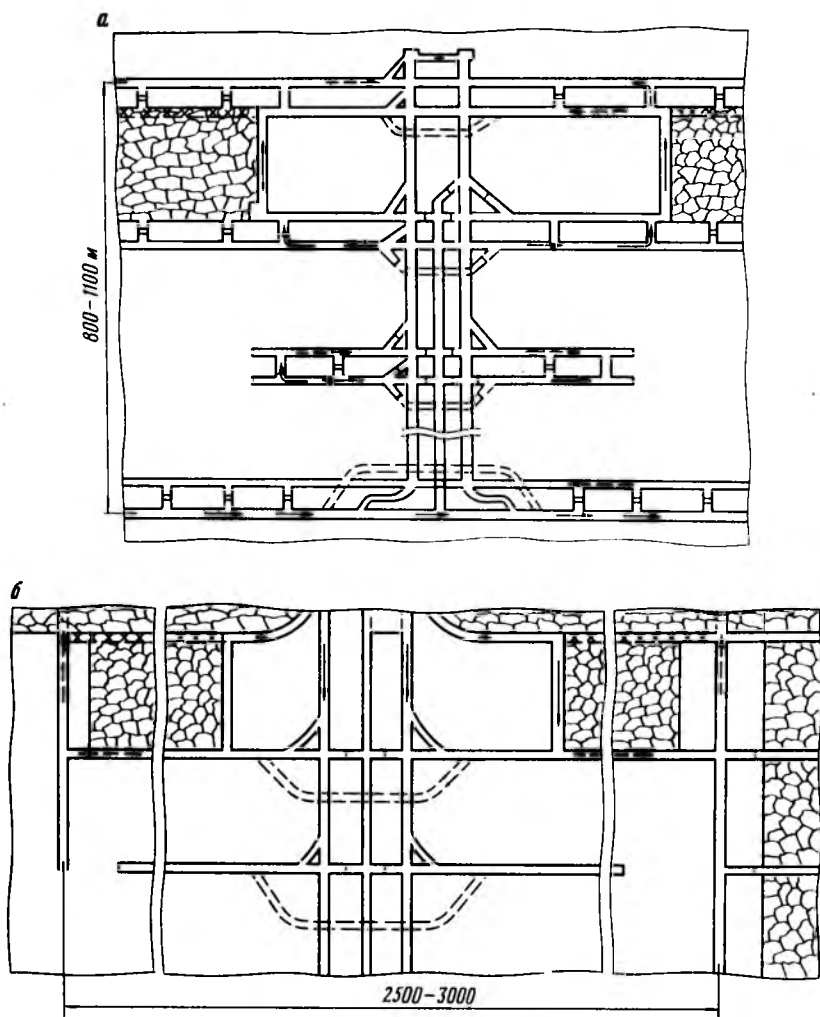


Рис. 8.2. Столбовая система разработки при панельной подготовке

горизонтальным залеганием пластов и значительными притоками воды. Выемочный столб оконтуривают вентиляционными и конвейерными штреками, соединяемыми на границе панели разрезной печью. Выемку угля начинают из разрезной печи и заканчивают на расстоянии 50 м до панельного штрека. Затем приступают к отработке столба, расположенного через один от уже отработанного. В последнюю очередь отрабатывается столб, окруженный выработанными пространствами. Выработки, оконтуривающие столб, проводят вприсечку к угольному массиву без

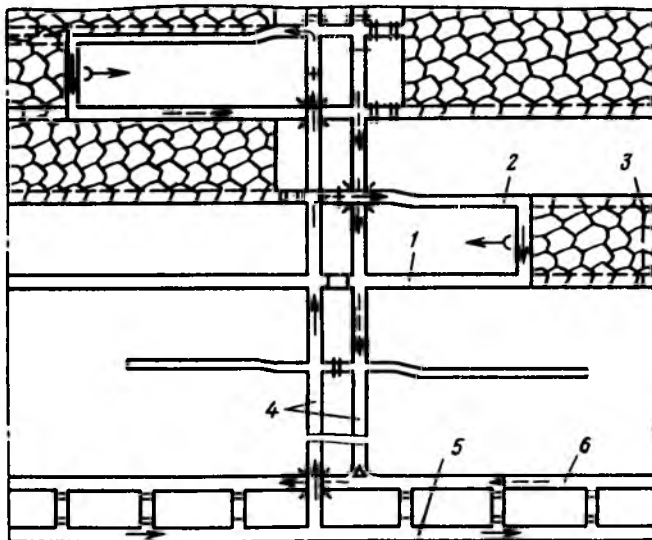


Рис. 8.3. Столбовая система разработки горизонтальных пластов:

1 — конвейерный штрек; 2 — вентиляционный штрек; 3 — погашенная разрезная печь; 4 — панельные штреки; 5, 6 — соответственно транспортный и вентиляционный главные штреки

оставления целиков. Оработка через столб позволяет лучше осушить подготовленные к выемке запасы. Длина столбов может достигать 1000 м, а длина очистного забоя изменяется в диапазоне 80--120 м.

При погоризонтной подготовке шахтного поля оработка столбов ведется очистными забоями, подвигаемыми по падению или восстанию пласта. Направление подвигания зависит от горно-геологических условий: при значительной мощности и газоносности пласта целесообразно подвигание по падению, при больших притоках воды — по восстанию. Предельный угол падения разрабатываемых пластов 10° . Подготовка выемочных столбов осуществляется с помощью бремсбергов (уклонов), проводимых на всю наклонную высоту горизонта снизу вверх или сверху вниз.

На рис. 8.4 приведен вариант столбовой системы с подвиганием очистных забоев по восстанию при бесцеликовой оработке и прямоточном проветривании. Свежий воздух с главного откаточного штрека подается в лаву одновременно по вентиляционному и конвейерному уклонам, а оработанный воздух отводится на поддерживаемый позади лавы конвейерный уклон до расположенного у нижней границы горизонта главного вентиляционного штрека.

Одним из вариантов столбовой системы является так называемая щитовая система разработки, применяемая на мощных крутых пластах (рис. 8.5). У почвы пласта проводят откаточный и вентиляционный этаж-

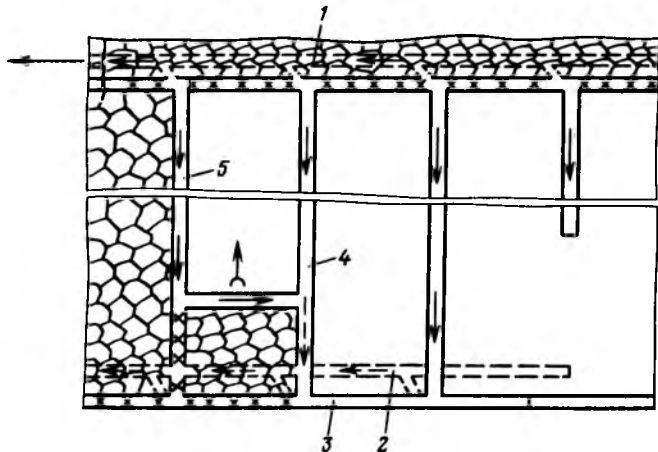


Рис. 8.4. Столбовая система разработки с подвижением лав по восстанию при горизонтальной подготовке:

1 — главный транспортный полевой штрек; 2 — главный вентиляционный полевой штрек; 3 — просек; 4 — конвейерный уклон; 5 — вентиляционный ходок

ные штреки. Через каждые 6 м штреки сбивают ходовыми и углеспусковыми печами. В монтажной камере на вентиляционном горизонте монтируют щитовое перекрытие, которое состоит из секций размером по простиранию по 6 м, связанных друг с другом канатами. В крайних печах подвешивают лестницы и крепят специальной крепью, остальные печи оставляют незакрепленными. Под щитом имеется проход, из которого ведется выемка угля буровзрывным способом. Крайнюю печь соседнего столба оборудуют лестницами для выхода рабочих из-под щита на откаточный и вентиляционный горизонты. Отбитый уголь по углеспусковым печам скатывается на откаточный горизонт, где грузится в средства магистрального транспорта. Вентиляционная струя поступает с откаточного горизонта по крайней печи со стороны выработанного пространства, проходит под щитом и по крайней печи следующего столба удаляется на вентиляционный горизонт.

Правильное ведение работ при столбовой системе разработки предусматривает определенное соотношение между положением забоев очистных и подготовительных выработок. Если подготовка нового поля будет запаздывать, то возникнут простои очистного оборудования. Наоборот, значительное опережение в подготовке запасов приводит к повышенным затратам на поддержание уже проведенных горных выработок.

Для правильного ведения работ при столбовой системе разработки необходимо решить две задачи:

установить положение забоев подготовительных выработок при данном положении очистных и принятом запасе времени;

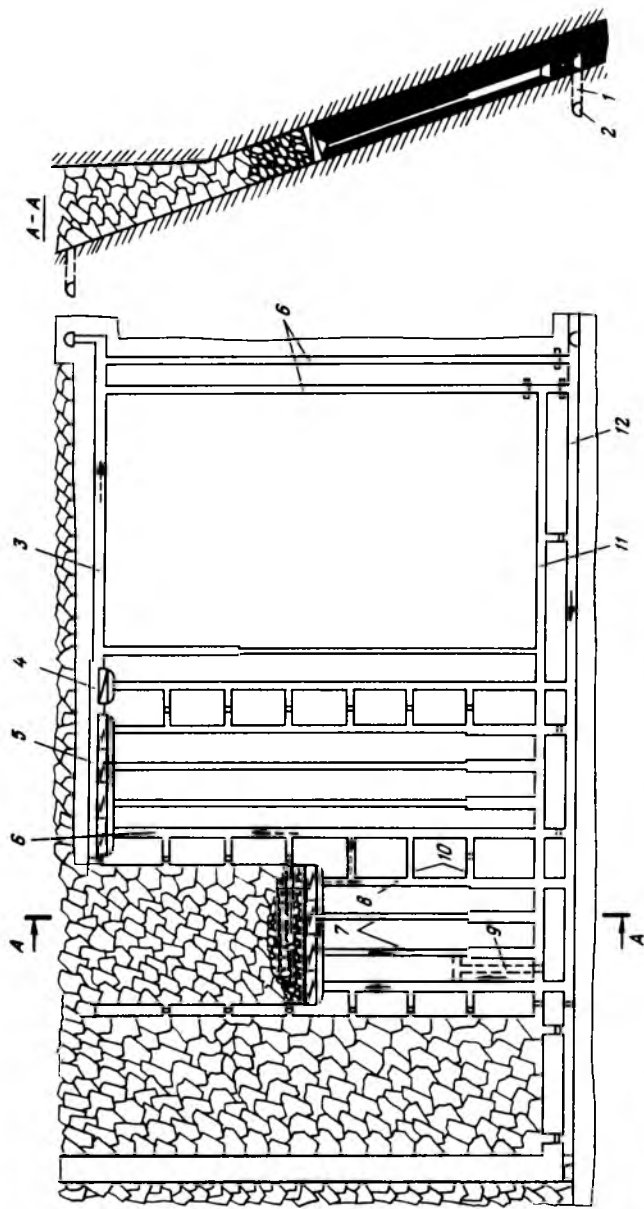


Рис. 8.5. Щитовая система разработки мощных крутых пластов:

1 — промежуточный квершлаг; 2 — полевой штрек; 3 — вентиляционный штрек; 4 — монтажная камера; 5 — щитовое перекрытие; 6 — ходовая печь; 7 — угледульные печи; 8 — крайняя входная печь; 9 — вентиляционная печь; 10 — стойки; 11 — параллельный штрек; 12 — откаточный штрек

установить фактический запас времени на подготовительные работы при данном положении очистных и подготовительных забоев.

Для решения первой задачи необходимо помимо размеров выемочного поля установить последовательность проведения подготовительных выработок, скорость подвигания очистных забоев и скорость проведения подготовительных выработок, а также принять величину резервного времени, необходимую для учета непредвиденных задержек при проведении выработок и оборудовании разрезных печей механизмами и машинами.

Для решения второй задачи достаточно сравнить время, по истечении которого закончатся очистные работы в первом выбывшем очистном забое, со временем, которое необходимо затратить на ввод в работу нового очистного забоя в очередном столбе. Разность между длительностью этих двух видов работ показывает наличие или отсутствие резерва времени в подготовке запасов.

При решении указанных задач используются планы горных работ, порядок проведения подготовительных выработок, скорости подвигания очистных и подготовительных забоев.

8.3. Сплошная и комбинированная системы разработки

При сплошных системах разработки очистные и подготовительные работы в пределах одного выемочного участка ведутся одновременно, т. е. подготовительные забои располагаются на одной линии с очистными забоями или с некоторым, постоянно выдерживаемым опережением.

Сплошные системы могут применяться при всех схемах подготовки шахтного поля.

Подготовительные выработки при сплошных системах разработки проводят как узким, так и широким забоем. Выработки в большинстве случаев охраняются бутовыми полосами.

В настоящее время сплошная система разработки имеет небольшой объем применения, в основном на шахтах Донецкого бассейна. В связи с этим рассмотрим только наиболее характерные варианты сплошной системы разработки при панельной подготовке шахтного поля.

На рис. 8.6 приведен вариант сплошной системы разработки с проведением ярусных штреков на одной линии с очистным забоем и охраной их двухсторонними бутовыми полосами. Отличительная особенность рассматриваемого варианта — расположение наклонных выработок (бремсберга с ходками) в породах почвы, что позволяет существенно снизить затраты на их поддержание. Отбитый в очистных забоях уголь транспортируется по ярусному конвейерному штреку, а затем по панельному конвейерному бремсбергу. Свежий воздух поступает по людскому ходу и ярусному конвейерному штреку, отработанный воздух отводится по ярусному вентиляционному штреку и вспомогательному бремсбергу на главный вентиляционный полевой штрек.

На крутых пластах возможны два варианта сплошной системы разработки, которые отличаются формой очистного забоя, зависящей от принятой технологии выемки угля. При выемке угля отбойными молотка-

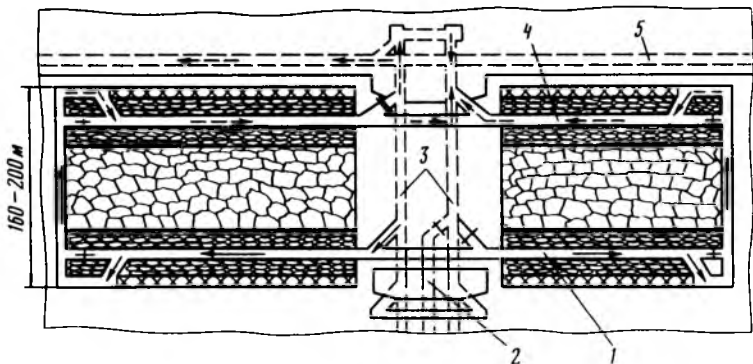


Рис. 8.6. Сплошная система разработки с охраной штреков двухсторонними бутовыми полосами:

1 — ярусный конвейерный штрек; 2 — бремсберг; 3 — ходки при бремсберге; 4 — ярусный вентиляционный штрек; 5 — главный вентиляционный полюсовый штрек

ми применяется сплошная система разработки с потолкоуступной формой очистного забоя. При комбайновой выемке забой имеет прямолинейную форму.

Комбинированная система разработки в значительной степени устраняет недостатки, присущие столбовой и сплошной системам, поскольку представляет собой сочетание этих двух систем. Классический вариант комбинированной системы разработки представлен на рис. 8.7. Каждая лава обслуживается двумя штреками — вентиляционным и конвейерным. Первые лавы работают по сплошной системе разработки. Штреки со стороны выработанного пространства охраняются бутовыми полосами.

После отработки участков лавами, подвигаемыми в прямом порядке, образуются подготовленные столбы, которые отрабатываются в обратном порядке, характерном для столбовой системы.

8.4. Системы разработки с короткими очистными забоями

При системах с короткими очистными забоями длина очистного забоя, как правило, не превышает 10—20 м. В нашей стране применяются в основном следующие системы с короткими забоями: камерная, камерно-столбовая и короткими столбами. Объем добычи угля по этим системам незначителен. Они применяются преимущественно на шахтах с гидравлической добычей угля и сланцевых шахтах.

При камерной системе разработки (рис. 8.8) от главных или панельных штреков проводят вначале так называемые горловины — выработки шириной 2 м и длиной 3—5 м, которые затем расширяют до 4—12 м, образуя очистной забой. Забой камеры может подвигаться по падению, восстанию или простиранию пласта. Между камерами оставляют межкамерные целики шириной по 3—5 м, которые не извлекаются. При

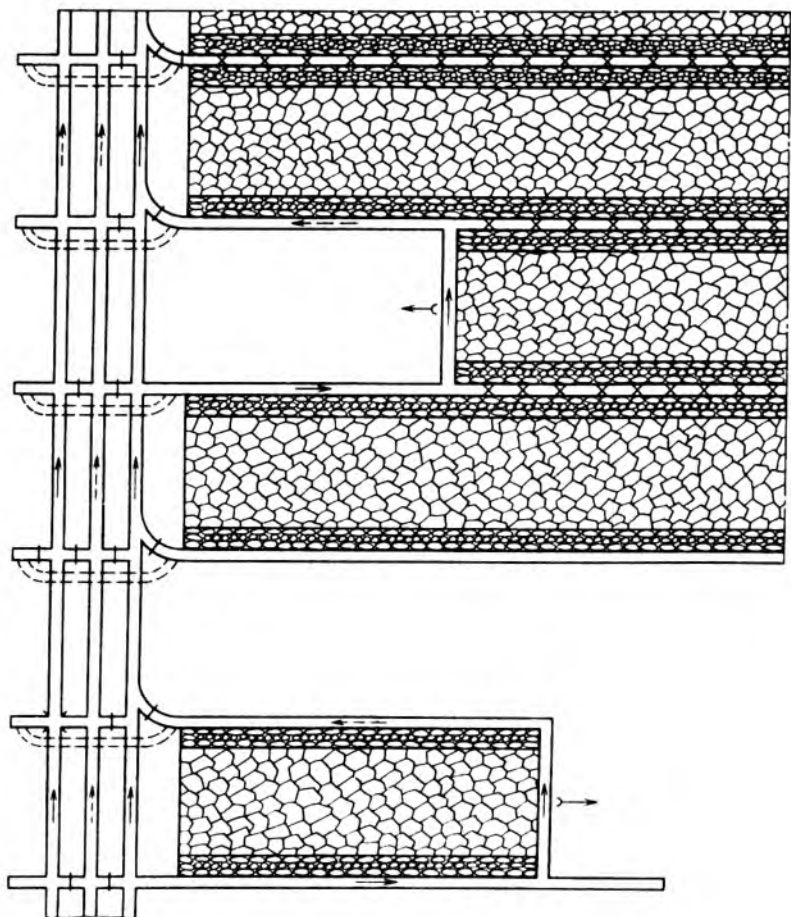


Рис. 8.7. Комбинированная система разработки

определенном для конкретных горно-геологических условий соотношении ширины камер и целиков почти полностью исключаются работы по креплению камеры. Для целей вентиляции камеры сбивают сбойками.

Достоинства камерной системы разработки — возможность обеспечения высокой нагрузки на выемочное поле вследствие одновременной работы нескольких камер, небольшой объем работ по креплению и управлению кровлей. Недостаток — значительные потери угля (в среднем 25—35%). В определенных горно-геологических условиях потери могут достигать 50%. Оставляемые в выработанном пространстве угольные целики являются причинами возникновения эндогенных пожаров.

При камерно-столбовой системе разработки (рис. 8.9) ширина камер 2 составляет 4—12 м, а ширина междукamerных целиков 3 — 4—15 м.

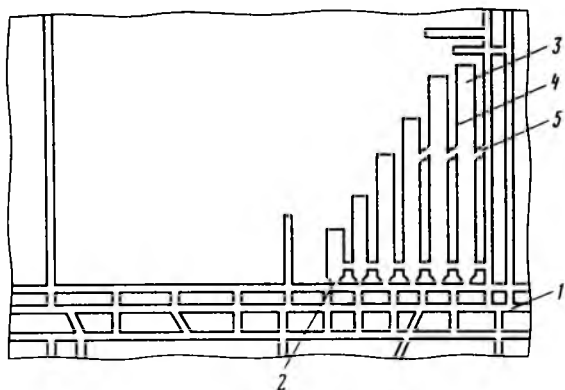


Рис. 8.8. Камерная система разработки:

1 — главный штрек; 2 — горловина; 3 — камера; 4 — междуканерный целик; 5 — вентиляционная сбейка

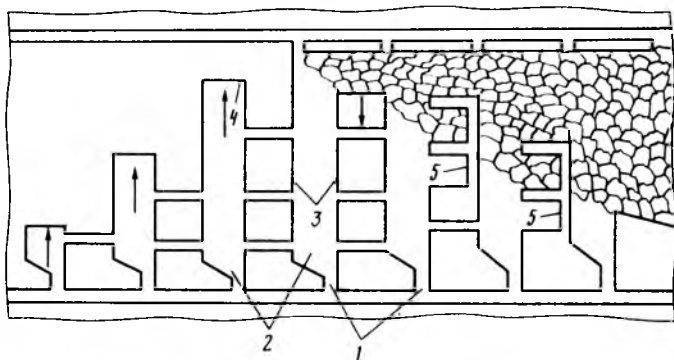


Рис. 8.9. Камерно-столбовая система разработки

Проведение камер начинают с горловин 1, расширяемых в забои 4. Камерами как бы нарезаются длинные столбы, которые затем обрабатываются в обратном порядке или одним забоем, или отдельными заходками 5. Естественно, при выемке заходок необходимо оставлять часть запасов в виде целиков. Уголь в камерах и заходках вынимают с помощью буровзрывных работ или механическим способом.

При системе разработки короткими столбами вначале нарезают длинные столбы по простиранию, которые путем проведения печей разрезаются затем на длинные столбы по восстанию. Образованные длинные столбы по восстанию рассекают просеками на короткие столбы, имеющие форму квадрата со стороной 10—15 м.

8.5. Системы разработки мощных пластов с разделением на слои

Угольные пласты мощностью более 5 м разрабатывают с применением слоевых систем разработки. Мощный пласт может быть разделен на наклонные, горизонтальные и поперечно-наклонные слои (рис. 8.10).

Пологие мощные пласты делят на наклонные слои мощностью 2—3 м. Слои можно разрабатывать в восходящем и нисходящем порядке. Восходящий порядок отработки применяется только при управлении кровлей закладкой выработанного пространства, нисходящий — как с закладкой выработанного пространства, так и с обрушением кровли.

На рис. 8.11 приведена система разработки мощного пологого пласта наклонными слоями с обрушением кровли. Каждый слой может отрабатываться подобно пласту средней мощности с использованием серийного оборудования.

В зависимости от склонности обрушенных пород кровли к слеживанию выемка слоев может производиться последовательно или одновременно. Последовательная отработка слоев (метод «слой-пласт») применяется при слеживающихся породах кровли, одновременная — при неслеживающихся породах. В последнем случае для предотвращения проникновения обрушенных в верхнем слое пород в рабочее пространство забоя нижележащему слою необходимо или возведение предварительной крепи, или оставление между слоями угольных пачек.

При разработке мощных крутых пластов наклонными слоями с закладкой наиболее распространенным является вариант выемки слоев в восходящем порядке. В этом случае кровлей слоя является угольный пласт, а почвой закладочный материал (кроме первого слоя). В настоящее время применяются два варианта систем разработки наклонными слоями с закладкой — лавами по простиранию и полосами по простиранию. В связи с тем, что выемка угля при системе разработки полосами по

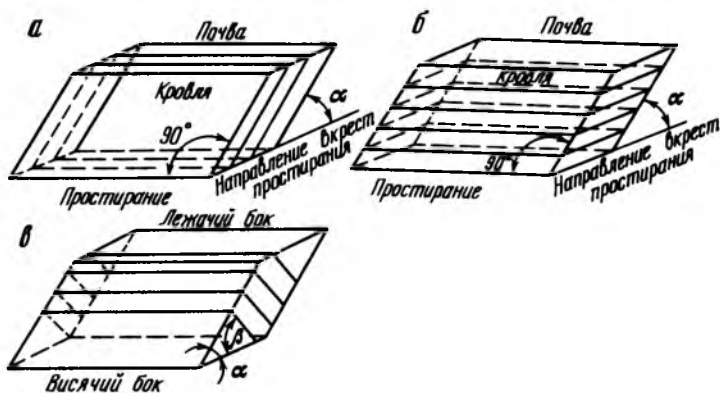


Рис. 8.10. Схемы деления мощного пласта на наклонные (а), горизонтальные (б) и поперечно-наклонные (в) слои

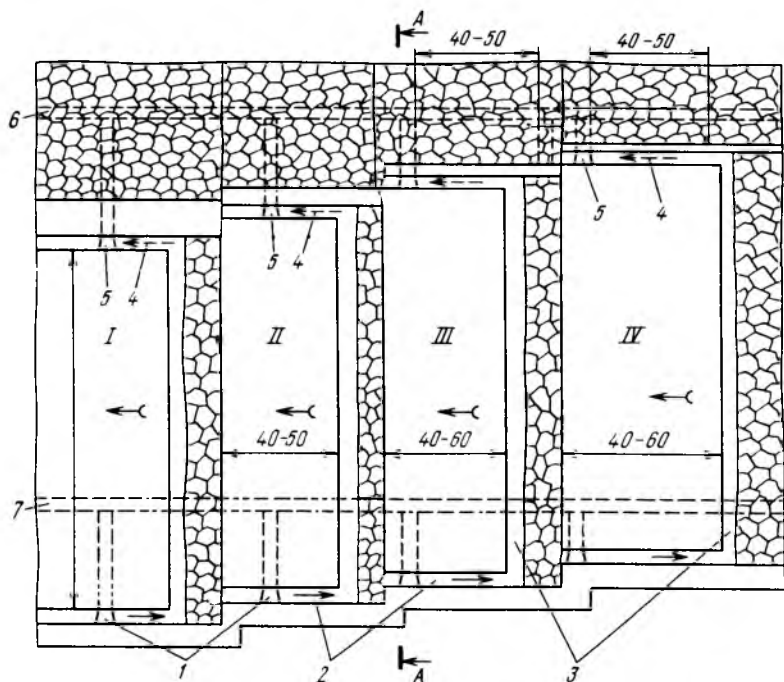


Рис. 8.11. Система разработки мощного пологого пласта наклонными слоями с обрушением кровли:

1 — участковые квершлагги; 2 — слоевые конвейерные штреки; 3 — лавы; 4 — слоевые вентиляционные штреки; 5 — участковые вентиляционные квершлагги; 6, 7 — соответственно вентиляционный и откаточный этажные полевые штреки

простирацию создает возможность механизировать основные процессы в очистном забое, этот вариант системы разработки наиболее предпочтителен (рис. 8.12).

Ширина выемочной полосы составляет 10—15 м. Выемка полос в слое производится в восходящем порядке. В каждом выемочном участке действуют два встречных забоя, представляющих собой короткие лавы типа заходки. В качестве выемочных машин применяются специальные комбайны, аналогичные по принципу работы проходческим комбайнам избирательного действия.

Разработка мощных крутых пластов горизонтальными слоями позволяет создать наиболее безопасные условия работы и уменьшить потери угля, однако она характеризуется низкой производительностью труда.

Мощность слоя принимается в пределах 2—3 м. Слои можно отрабатывать как в нисходящем, так и в восходящем порядке. Направление подвигания забоев в слоях — по простиранию и вкрест простирания. Выемочное поле может быть двухсторонним или односторонним. Длина

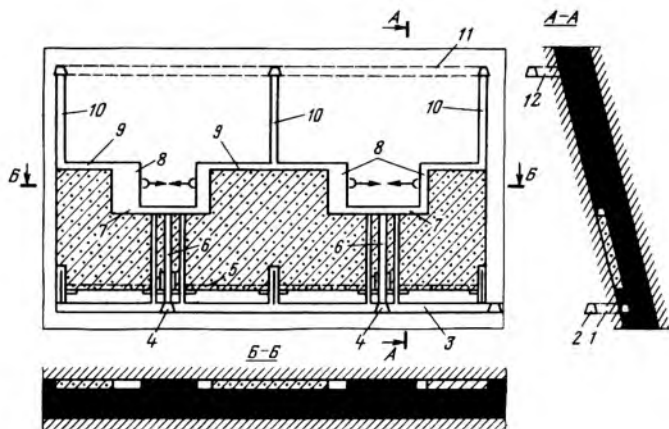


Рис. 8.12. Система разработки наклонными слоями с гидравлической закладкой выработанного пространства и выемкой полосами по простираннию:

1 — промежуточный квершлаг; 2 — полевой откаточный штрек; 3 — пластовый основной штрек; 4 — блоковые квершлаг; 5 — конвейерный штрек нижней полосы; 6 — углеспускные скаты; 7 — слоевые конвейерные штреки; 8 — очистные забои; 9 — вентиляционные слоевые штреки; 10 — закладочные скаты; 11 — полевой вентиляционный штрек

одностороннего поля принимается равной 150—200 м, двухстороннего — 300 м. В перспективе система разработки горизонтальными слоями в нисходящем порядке может найти применение только при разработке мощных крутых пластов со сложным залеганием.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое система разработки?
2. Каковы основные отличия столбовой системы разработки от сплошной?
3. В чем заключается сущность систем разработки с короткими забоями и каковы их элементы?
4. На какие слои делятся мощные пласты?
5. Какова мощность отдельно вынимаемого слоя?

9. УПРАВЛЕНИЕ ГОРНЫМ ДАВЛЕНИЕМ

9.1. Понятие о горном давлении

Силы, возникающие в окружающем горную выработку массиве пород при извлечении полезного ископаемого, называются горным давлением. Горное давление проявляется в прогибе кровли, ее растрескивании и обрушении, пучении почвы, отжиме угля с поверхности массива или целиков и др.

Для создания безопасных условий работы в горных выработках уста-

навливают крепь и осуществляют комплекс мероприятий по управлению горным давлением (управлению кровлей).

На величину и характер проявлений горного давления оказывают влияние состав, строение и физико-механические свойства горных пород, глубина разработки, мощность разрабатываемого пласта, длина очистного забоя и скорость его продвижения, угол залегания пород, сопротивление и конструктивное исполнение крепи и т. п.

Все явления, наблюдающиеся в горных породах при разработке месторождений полезных ископаемых, являются содержанием специальной науки, называемой механикой горных пород.

Во вмещающих угольный пласт породах различают ложную, непосредственную и основную кровли и непосредственную и основную почвы.

Ложная кровля — залегающий непосредственно над угольным пластом слой пород незначительной мощности (0,5—0,6 м), который легко обрушается или одновременно с выемкой угля, или через некоторое время.

Непосредственной кровлей называют толщу пород над угольным пластом, которая легко обрушается при небольших обнажениях на некотором расстоянии от забоя, а основной — толщу прочных пород, залегающих над непосредственной кровлей. Породы основной кровли могут сохранять устойчивость при обнажении их на большой площади. Обрушаются они с отставанием во времени от непосредственной кровли.

В зависимости от характера обрушаемости пород основной и непосредственной кровли и соотношения мощности непосредственной кровли и мощности пласта по классификации ВУГИ кровли делятся на следующие классы:

I — в непосредственной кровле залегает толща легкообрушающихся пород мощностью не менее 6—8-кратной мощности разрабатываемого пласта;

II — в непосредственной кровле залегает толща легкообрушающихся пород мощностью менее 6—8-кратной мощности разрабатываемого пласта, а в основной — труднообрушающиеся породы, которые обрушаются лишь спустя некоторое время после продвижения очистного забоя и обнажения кровли на значительной площади;

III — в непосредственной кровле залегает относительно мощный слой труднообрушающихся пород. В отдельных случаях непосредственная кровля отсутствует и над пластом залегает основная кровля, допускающая обнажения на значительной площади;

IV — в непосредственной кровле залегают породы, обладающие способностью плавно опускаться без значительных разрывов и трещин (при мощности пласта до 0,8—1 м).

Обрушаемость пород в значительной степени предопределяет характер формирования и величину давления, воспринимаемого крепью очистного забоя.

9.2. Способы управления кровлей

При выемке части угольного пласта в оставленном без крепи выработанном пространстве рано или поздно происходит обрушение пород кровли, что делает невозможным дальнейшую разработку этого участка угольного пласта. Поэтому сразу после выемки участка угольного пласта призабойную часть кровли пласта крепят или предпринимают другие меры против самопроизвольного обрушения кровли. Таким образом, крепление кровли (в некоторых случаях и склонных к пучению или сползанию почв) является неременной операцией технологического цикла при очистной выемке угля, лишь в исключительных случаях крепление может быть заменено оставлением угольных целиков для поддержания кровли.

Естественно, что креплению подвергается не вся площадь вынутаго угольного пласта, а только та его часть, которая расположена вдоль очистного забоя (рабочее или призабойное пространство), где находятся люди, размещаются выемочные и доставочные машины, обеспечивается проветривание.

Призабойная крепь состоит или из отдельных стоек, устанавливаемых между кровлей и почвой пласта, или из крепежных рам, каждая из которых состоит из двух—трех металлических или деревянных стоек. На наклонных и крутых пластах с почвами, склонными к сползанию, на почву укладывают лежни длиной, равной длине верхняка, и на них устанавливают стойки. Верхняки рам крепи располагают на пологих пластах по простиранию, на наклонных и крутых пластах по падению.

Безопасность работ в очистном забое во многом определяется способами управления кровлей, выбор которых базируется на следующих основных принципах:

масса пород кровли, обрушающихся при выемке угольного пласта, должна в основном распределяться на угольный массив впереди очистного забоя и на породы почвы пласта в выработанном пространстве позади него;

на устанавливаемую в призабойном пространстве крепь должна приходиться лишь незначительная часть общей массы пришедших в движение вышерасположенных горных пород;

горное давление должно способствовать раскрытию кливажных трещин и эффективному отжиму угля от забоя при сохранении сплошности пород непосредственной кровли в призабойной зоне и обеспечении сохранности призабойной крепи.

Управление кровлей при выемке угольных пластов осуществляется следующими основными способами: полным обрушением кровли; полной закладкой выработанного пространства; частичным обрушением кровли или частичной закладкой выработанного пространства; плавным опусканием; поддержанием кровли на оставляемых в выработанном пространстве угольных целиках.

При управлении кровлей полным обрушением в лавах с индивидуальной крепью различают первичную посадку непосредствен-

ной кровли и первую посадку основной кровли. Первичная посадка непосредственной кровли происходит после отхода лавы от разрезной печи на некоторое расстояние, которое может достигать 50—80 м и более. После первичной посадки непосредственную кровлю обрушают регулярно через установленную опытным путем для данных условий величину подвигания лавы (обычно не более 4—8 м), называемую шагом посадки.

Во время первичной посадки непосредственной кровли породы основной кровли могут и не обрушиться. Иногда это происходит лишь после нескольких посадок непосредственной кровли с установившимся шагом посадки. В дальнейшем основная кровля тоже не всегда обрушается вместе с непосредственной кровлей. Шаг посадки основной кровли в несколько раз больше установившегося шага посадки непосредственной кровли. Различают первую посадку основной кровли и очередные ее посадки.

Управление кровлей полной закладкой выработанного пространства предусматривает заполнение всего выработанного пространства породой (закладочным материалом). Образованный в выработанном пространстве массив из закладочного материала называют *закладочным*. Управление кровлей полной закладкой выработанного пространства применяется в тех случаях, когда состав пород кровли или другие условия не позволяют применять полное обрушение пород.

Для того чтобы уменьшить объем весьма трудоемких закладочных работ применяют частичную закладку выработанного пространства. Она предусматривает выкладку в выработанном пространстве бутовых полос, располагаемых по простиранию пласта и удерживающих породы основной и непосредственной кровли от обрушения в призабойном и выработанном пространстве. Закладочный материал получают путем проведения в выработанном пространстве бутовых штреков. Полученную при подрывке почвы и кровли в бутовых штреках породу укладывают в выработанном пространстве на всю мощность пласта в виде бутовых полос. Значительная трудоемкость и небезопасность выкладки бутовых полос в выработанном пространстве ограничивают область применения управления кровлей частичной закладкой в основном пластами мощностью менее 0,5 м или пластами с резко меняющейся мощностью, залегающими в слабых вмещающих породах.

Управление кровлей частичным обрушением применяют при легкообрушающихся породах непосредственной кровли, мощность которых не обеспечивает достаточного подбучивания вышележащих слоев основной кровли и не предотвращает ее обрушения. При управлении кровлей частичным обрушением по падению пласта выкладывают бутовые полосы шириной по 5—6 м. Расстояние между полосами по простиранию составляет 8—12 м, т. е. меньше шага обрушения основной кровли. В выработанном пространстве между бутовыми полосами непосредственная кровля обрушается на специальную крепь. Указанный способ управления кровлей в настоящее время имеет ограниченное использование.

Плавное опускание кровли на почву применяют при кровлях, способ-

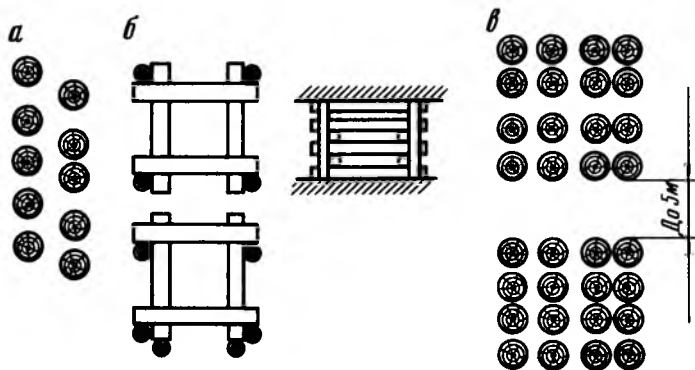


Рис. 9.1. Специальная посадочная крепь

ных плавно опускаться без значительных нарушений, на пластах мощностью не более 1—1,2 м с почвами, склонными к пучению. При плавном опускании в качестве специальной крепи применяют костры. В результате смятия костров кровля плавно опускается и ложится на почву. Применение этого способа требует соответствующих горно-геологических условий.

Основным средством управления кровлей полным обрушением является специальная или посадочная крепь, которая воспринимает давление пород и предотвращает их обрушение в призабойном пространстве лавы. Она образует линию жесткой обрезной крепи, по которой происходит облом зависшей в выработанном пространстве консоли пород.

Специальная крепь может быть деревянной и металлической. Деревянная крепь бывает органной, костровой и кустовой. Органная крепь (рис. 9.1, а) представляет собой один или несколько рядов деревянных стоек, установленных вплотную друг к другу по линии обрушения. В органном ряду через определенные промежутки (не более чем через 5 м) оставляют проходы для рабочих, занятых на работах по посадке кровли. Для придания органному ряду необходимой устойчивости и жесткости его устанавливают сразу вслед за выемкой первых полос угля после очередной посадки кровли в непосредственной близости от очистного забоя.

Для усиления жесткости органной крепи ее используют совместно с кустовой крепью, представляющей собой группу из 9—12 стоек (рис. 9.1, в). Применяемая для управления кровлей костровая крепь (рис. 9.1, б) обладает большой податливостью и применяется на пластах с плавно опускающейся кровлей.

Металлическая посадочная крепь представлена стойками ОКУМ и гидравлической посадочной крепью «Спутник».

1. Что такое ложная, непосредственная и основная кровля?
2. На какие классы делятся кровли угольных пластов по классификации ВУГИ?
3. Какие бывают способы управления кровлей?
4. Какие бывают посадки непосредственной и основной кровли при полном обрушении?
5. В чем заключается назначение призабойной и специальной крепи в очистных забоях и какие бывают виды специальной крепи?

10. ГИДРОМЕХАНИЗИРОВАННАЯ ДОБЫЧА УГЛЯ И ПОДЗЕМНАЯ ГАЗИФИКАЦИЯ

10.1. Сущность гидромеханизации

Гидромеханизированная добыча угля основана на использовании энергии воды. Технология гидромеханизированной добычи угля включает следующие основные производственные процессы: отбойку, транспортировку, подъем и обезвоживание угля. К вспомогательным процессам относятся прокладка трубопроводов и желобов для движения водоугольной смеси, дробление угля для приготовления водоугольной смеси, шламоотделение и др.

При гидромеханизированной добыче обеспечивается неразрывность двух основных процессов — выемки и транспортировки угля, которые к тому же характеризуются небольшими капитальными и эксплуатационными затратами на оборудование.

На карьерах гидромеханизацию применяют для производства горно-подготовительных, вскрышных и добычных работ, транспортирования полезного ископаемого на обогатительную фабрику. На угольных разрезах при ее использовании на вскрышных работах эффективность последних в 2—3 раза выше, чем при вскрыше экскаваторами и транспортировании пород железнодорожным или автомобильным транспортом.

Если гидромеханизация является основной и единственной технологией на шахте, то такую шахту называют гидрошахтой. Принципиальная схема гидрошахты приведена на рис. 10.1.

В практике встречаются случаи, когда на шахтах с традиционной («сухой») технологией имеются отдельные участки, добыча угля на которых осуществляется гидравлическим способом. В этих случаях, чтобы не нарушать существующую технологическую схему транспортирования угля, водоугольную смесь обезвоживают перед ее погрузкой в средства подземного магистрального транспорта.

Вскрытие и подготовка шахтных полей при гидравлической добыче угля практически не отличаются от применяемых при традиционной технологии. Различие состоит лишь в количественных параметрах. Так, на пологих пластах средней мощности при панельной подготовке размеры панелей по падению составляют 800—1400 м, по простиранию — 1000—1500 м; наклонная высота яруса не должна превышать 200—300 м.

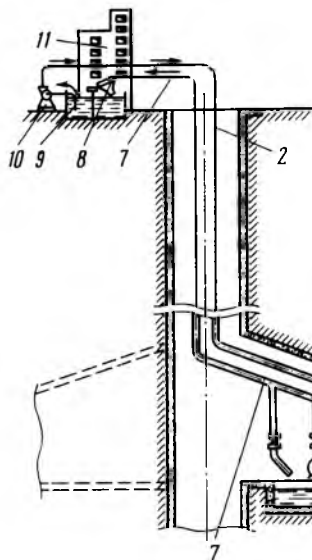


Рис. 10.1. Принципиальная схема гидрошахты:

1 — гидромонитор; 2 — высоконапорный водовод; 3 — желоб; 4 — дробилка; 5 — зумпф углесосной станции; 6 — углесосы; 7 — пульповод; 8 — обезвоживающий комплекс; 9 — резервуар осветленной воды; 10 — высоконапорный насос; 11 — обогатительная фабрика

Околоствольные дворы гидрошахт значительно меньше по объему, чем обычных шахт. При этом объем выработок околоствольного двора зависит от принятых схем гидротранспорта и гидроподъема угля.

Применение гидромеханизации обеспечивает высокие технико-экономические показатели. Капитальные вложения на строительство гидрошахт на 10—30% ниже, чем на строительство шахт с обычной технологией. Месячная производительность труда рабочего на гидрошахте «Юбилейная» в Кузбассе превышала 200 т при себестоимости 1 т добываемого угля 4,9—5,1 руб.

10.2. Гидравлическая отбойка угля

Гидравлическая отбойка осуществляется струей воды, выбрасываемой с большой скоростью из ствола гидромонитора. Отбитая порода увлекается водой и перемещается от забоя к транспортной выработке.

Основными техническими характеристиками гидромониторов являются рабочее давление и расход воды. В зависимости от давления воды в насадке подземные гидромониторы разделяются на пять классов: до 6, 10, 12, 16 МПа и выше. По расходу воды гидромониторы группируются на три класса: до 100, 180 и 400 м³/ч.

Низконапорные (до 6 МПа) гидромониторы используются для гидроотбойки и смыва перемятых и разрыхленных взрывом углей. Гидромониторы с давлением воды в насадке более 6 МПа предназначены для отбойки угля из ненарушенного массива.

Управление гидромониторами может осуществляться вручную, ди-

станционно, полуавтоматически, автоматически по специальной программе или комбинированным способом.

Наибольшее распространение на гидрошахтах получили малогабаритные гидромониторы типа ГМДЦ, производительность которых по углю достигает 50 т/ч при рабочем давлении до 12 МПа и расходе воды до 150 м³/ч.

Производительность гидроотбойки во многом зависит от компактности и дальнобойности гидромониторной струи, которые определяются формой насадки и качеством обработки ее внутренней поверхности. Необходимое динамическое давление струи у забоя обеспечивается при соответствующем напоре и диаметре насадки, причем одно и то же давление может быть получено при различных комбинациях напора и диаметра насадки. Чем меньше диаметр насадки, тем больше снижение осевого динамического давления струи с удалением от насадки. Поэтому для более производительной работы гидромонитора предпочтение следует отдавать насадкам большего диаметра.

Наряду с гидромониторами типа ГМДЦ на гидрошахтах применяют другие гидромониторы. В частности, при очистной выемке угля на крутых пластах средней мощности и мощных используется самоходный гидромонитор с дистанционным управлением 12ГП-2. Для выемки угля в подготовительных и очистных забоях на пологих пластах средней мощности и мощных создана самоходная гидромониторная установка СГУ-2М с повысителем давления до 36 МПа. Намечается освоение промышленностью переносного гидромонитора с дистанционным управлением 16ГД для гидроотбойки угля с коэффициентом крепости до 1,6 в очистных и подготовительных забоях на пластах мощностью более 1,8 м.

Отбойка угля на гидрошахтах производится не только гидромониторами, но и специальными механогидравлическими машинами. Последние предусматривают механическую отбойку угля с последующим смывом и гидротранспортированием горной массы водой. В этом случае говорят о механогидравлической выемке угля, которая применяется при отработке пластов системами с короткими забоями и проведении горных выработок. Используемое оборудование — механогидравлические комбайны К-56МГ, «Урал-38», машина МГПП.

10.3. Гидротранспортирование угля

Гидротранспортирование угля может вестись самотеком по желобам и канавам (самотечный гидротранспорт) или по трубопроводам под напором, создаваемым углесосом (напорный гидротранспорт).

Для самотечного гидротранспорта применяют эмалированные или футерованные износостойкими материалами желоба массой 35,6—56,8 кг. Наклон выработок с самотечным гидротранспортом должен быть не менее 0,06—0,07. В выработках с углом наклона более 20° самотечный транспорт угля ведут по трубам различного диаметра. Самотечный гидротранспорт применяется, как правило, на участке от забоя до узла приема пульпы (пульпоприемной станции).

Отношение твердого к жидкому в гидросмеси, поступающей в зумпфы пульпоприемных станций, зависит от производительности гидромониторов и колеблется от 1 : 5 до 1 : 15. Для транспортирования пульпы по трубам необходимо, чтобы скорость потока была больше критической, при которой начинается осаждение твердых частиц. Критическая скорость повышается с увеличением диаметра труб, размеров транспортируемых кусков угля и его удельного веса. Гидротранспортирование смеси рекомендуется осуществлять при отношении твердого к жидкому 1 : 2,5.

Узел подготовки гидросмеси при напорном гидротранспорте совмещается с участковой углесосной камерой. Участковые станции напорного гидротранспорта состоят из камеры углесосов, приемного пульпосборника (зумпфа) полезной вместимостью не менее 6-минутной производительности углесосов, а также аварийного пульпосборника.

При напорном гидротранспорте пульпа транспортируется по трубам с помощью углесосов. При этом применяются бесшовные горячекатаные трубы, которые или свариваются в плети длиной до 200 м и затем собираются в единый став быстроразъемными соединениями, или собираются только с помощью быстроразъемных соединений.

Подготовка гидросмеси для транспортирования углесосами включает дробление и классификацию угля специальными дробильно-классификационными установками типа ДКУ или дробилками типа КДМК, ДМШ и ДЗШ.

Применяемые при напорном гидротранспорте углесосы имеют разное конструктивное исполнение. Их производительность в зависимости от конструктивного исполнения и типа изменяется от 200 до 1200 м³/ч, а напор — от 30 до 360 м. Номинальная мощность установленных электродвигателей составляет 60—150 кВт.

Помимо углесосов для подъема угля по вертикали используются аппараты, которые основаны на принципе подъема частичек материала пузырьками воздуха, подаваемого в трубопровод под давлением. Такой подъем называют эрлифтным, а аппараты — эрлифтами.

Каждый из указанных способов гидроподъема имеет свои достоинства и недостатки. Подъем с помощью углесосов наиболее сложен в техническом отношении и обслуживании, но он наиболее производителен. Последнее обстоятельство обусловило распространение на гидрошахтах углесосного подъема.

Водоснабжение гидрошахт технической водой организуется по разомкнутому или замкнутому технологическому циклу. В первом случае техническая вода используется один раз, во втором — многократно.

При замкнутом технологическом цикле водоснабжения воду подают из резервуара технической воды в насосную станцию высокого давления, а затем в шахту. Поступающая из забоев водоугольная смесь направляется в зумпф углесосной станции, а оттуда поднимается углесосами на поверхность и обезвоживается. Отработанная вода поступает в отстойники, а после осветления в отстойниках — в резервуар технической воды. Потери воды при замкнутом водоснабжении составляют 15—20% на один оборот.

10.4. Системы разработки

От традиционных систем, применяемых на шахтах, системы разработок при гидромеханизации отличаются рядом особенностей, которые обусловлены тем, что:

при гидродобыче люди и механизмы в очистном забое отсутствуют, выработанное пространство в подавляющем большинстве случаев не крепится;

размеры очистного забоя при гидроотбойке без предварительного ослабления угольного массива (например буровзрывными работами) не превышают эффективной длины струи гидромонитора. Это предопределяет необходимость ведения очистной выемки короткими забоями (заходками) и большой объем нарезных работ.

На выбор системы разработки и ее параметров влияет большое число факторов, основными из которых являются: мощность и угол падения пласта; крепость угля и трещиноватость угольного массива; строение пласта; свойства вмещающих пород (в первую очередь устойчивость кровли); газоносность (в связи с большим объемом нарезных выработок и сложностью их проветривания); склонность угля к самовозгоранию (потери угля при гидродобыче достигают 30%, а иногда и более).

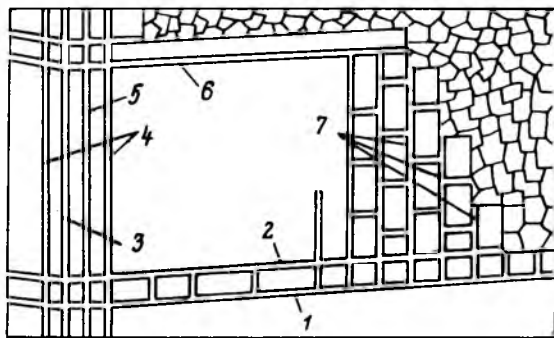
На пологих пластах, как правило, применяют столбовую систему разработки по простиранью с гидравлической или механогидравлической выемкой угля полосами по падению или простиранью, на наклонных пластах — системы с короткими забоями (без крепления очистного пространства).

На рис. 10.2 приведена столбовая система разработки по простиранью с выемкой полосами по падению, применяемая на гидрошахтах в Кузнецком бассейне при отработке пологих пластов средней мощности. Подготовительные выработки проходят с уклоном, обеспечивающим самотечное транспортирование пульпы. Нарезные выработки проводят гидравлическим способом с анкерным креплением кровли или установкой специальной крепи.

На крутых пластах наиболее распространена система разработки с подэтажной гидроотбойкой (с гибким перекрытием).

Рис. 10.2. Столбовая система разработки по простиранью с гидравлической выемкой угля полосами по падению:

- 1 — аккумулирующий штрек;
- 2 — параллельный штрек;
- 3 — бремсберг;
- 4 — углеспускные печи;
- 5 — ходок;
- 6 — вентиляционный штрек;
- 7 — выемочные печи



10.5. Подземная газификация

Одним из прогрессивных направлений использования запасов угля без его непосредственной добычи является подземная газификация угля (ПГУ), идея которой принадлежит Д. И. Менделееву. *Подземная газификация* представляет собой термохимический процесс превращения угля при его сжигании под землей в горючие газы, пригодные для использования в энергетических или химико-технологических целях. Принципиальная схема ПГУ приведена на рис. 10.3.

Для нормального поддержания процесса газификации необходимы соответствующие каналы для движения окислителя (кислорода) и образующихся при горении газов, температурный режим, определенное давление подаваемого в скважину воздуха и т. д.

Часть угольного пласта, в котором ведется газификация, называют подземным газогенератором. Различают наземную и подземную части газогенераторов. К наземной части относятся головки дутьевых и газоотводящих скважин, трубопроводы для подвода дутья и воды к скважинам, газопроводы, аппараты для очистки и охлаждения газа, а также приборы для контроля и управления работой отдельных скважин и газогенератора в целом. Подземная часть газогенераторов включает дутьевые и газоотводящие скважины, каналы газификации, а также водоотливные, дренажные и наблюдательные скважины.

После бурения по определенной схеме скважин (воздухоподающих и газоотводящих) приступают к прожигу в угольном пласте каналов газификации. Прожиг осуществляют очагом горения. Этот процесс назы-

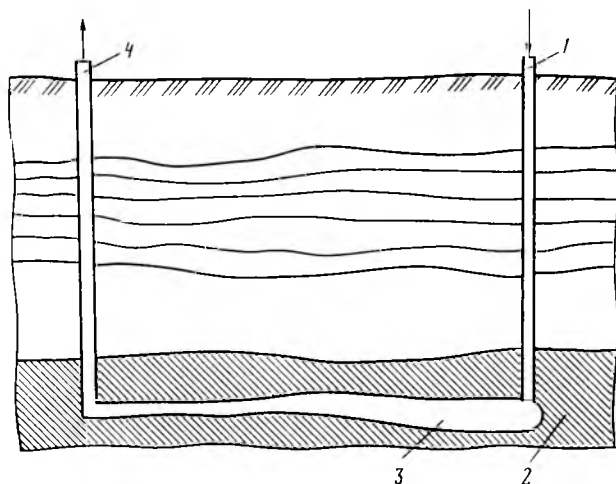


Рис. 10.3. Принципиальная схема подземной газификации угля:

1 — воздухоподающая скважина; 2 — угольный пласт; 3 — подземный газогенератор;
4 — газоотводящая скважина

вают фильтрационной сбойкой. Собственно огневые работы начинаются после завершения фильтрационной сбойки. Под огневыми работами подразумевается процесс газификации при горении.

В состав станции подземной газификации, производящей газ на воздушном дутье, входят четыре цеха — компрессорный, газогенераторный, очистки и охлаждения газа, транспортирования газа.

В настоящее время эксплуатируются две станции подземной газификации — одна в Кузнецком бассейне и одна в Средней Азии. Фактическая выработка газа при воздушном дутье на каждой из них составляет 250—300 млн м³ в год.

Препятствием к широкому внедрению ПГУ является низкая теплота сгорания вырабатываемого газа (3,14 МДж/м³ на бурых углях и 3,46—4,2 МДж/м³ на каменных). Однако имеется реальный путь увеличения удельной теплоты сгорания вырабатываемого газа за счет использования для дутья воздуха с содержанием кислорода до 65—70%. Кроме того, принципиально новые возможности открывает применение новейших технологий в области разделения газов (мембранные технологии), на основе которых можно перерабатывать вырабатываемый газ с получением целого ряда продуктов (жидкий азот, водород, смесь азота и водорода для синтеза аммиака, техническая углекислота) и чистого топливно-энергетического газа.

Вместе с тем следует отметить, что ПГУ представляет серьезную угрозу для загрязнения подземных вод. В связи с этим, а также с учетом экономической конкурентоспособности по отношению к традиционной технологии добычи угля ПГУ должна применяться на пластах, залегающих на глубине не менее 200 м для бурых и не менее 600 м для каменных углей.

Вопросы для самоконтроля

1. Каковы основные производственные процессы гидромеханизированной добычи угля?
2. Каков минимальный наклон горных выработок для обеспечения самотечного гидротранспорта?
3. В чем особенности систем разработки пластов при гидродобыче по сравнению с традиционной технологией?
4. Какие факторы определяют выбор систем разработки при гидромеханизации?
5. В чем принципиальная сущность подземной газификации угля?
6. Что входит в состав подземного газогенератора?

МЕХАНИЗАЦИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

11. МАШИНЫ И КОМПЛЕКСЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

11.1. Отбойные молотки, сверла, перфораторы

Отбойный молоток является ручным механизированным инструментом и представляет собой пневматическую машину ударного действия с клапанным воздухораспределением. Молоток состоит из воздухо-распределительно-ударного механизма и рукоятки с собранным в ней пусковым устройством (рис. 11.1).

Отбойные молотки предназначены для отбойки угля различной крепости, рыхления мягких пород и мерзлого грунта. В угольной промышленности отбойные молотки применяются при проведении выработок и очистной выемке угля на шахтах или в забоях, где по условиям безопасности запрещено применение электрической энергии.

Отечественной промышленностью выпускаются отбойные молотки МО-5ПМ, МО-6ПМ, и МО-7 ПМ. Наибольшей энергией единичного удара (42 Дж) обладает молоток МО-7ПМ, наименьшей (29,5 Дж) — молоток МО-5ПМ. Соответственно и масса молотков изменяется от 7,8 кг (МО-5ПМ) до 9 кг (МО-7ПМ). Наибольшие частота ударов и расход воздуха характерны для молотков МО-5ПМ, наименьшие — для молотков МО-7ПМ.

Производительность отбойных молотков зависит от квалификации работающих, технического состояния молотка и воздухопровода. Для обеспечения нормального действия отбойного молотка необходимо постоянно проверять его техническое состояние перед работой, продувать воздушный шланг перед его подключением к молотку, следить за состоянием заточки пики, не допускать работы молотка вхолостую.

Горные сверла — машины вращательного действия для бурения шпуров. Ручные горные сверла предназначены для бурения шпуров диаметром от 36 до 50 мм и длиной до 4 м по углю любой крепости и породам с коэффициентом крепости $f \leq 4$. Они работают на электрической или пневматической энергии. В зависимости от мощности, массы и конструкции шпуров могут буриться с удержанием сверла в руках или с размещением его на специальной поддержке. Масса ручных электросверл достигает 25 кг, пневматических — 16 кг.

Электросверла, пневмосверла и перфораторы представляют собой бурильные машины, предназначенные для бурения шпуров и скважин. Сверла относятся к машинам вращательного действия, перфораторы — к машинам ударно-поворотного действия.

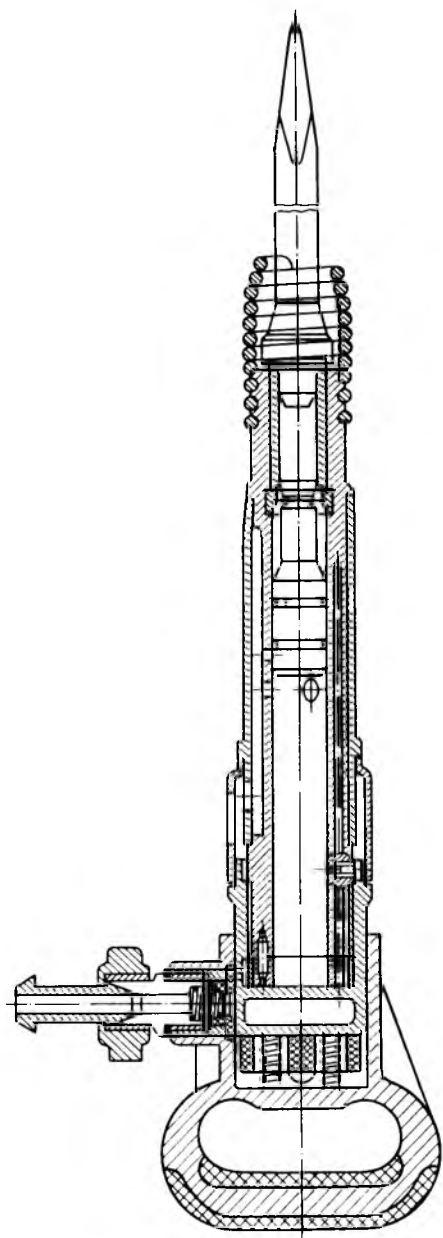


Рис. 11.1. Схема пневматического отбойного молотка

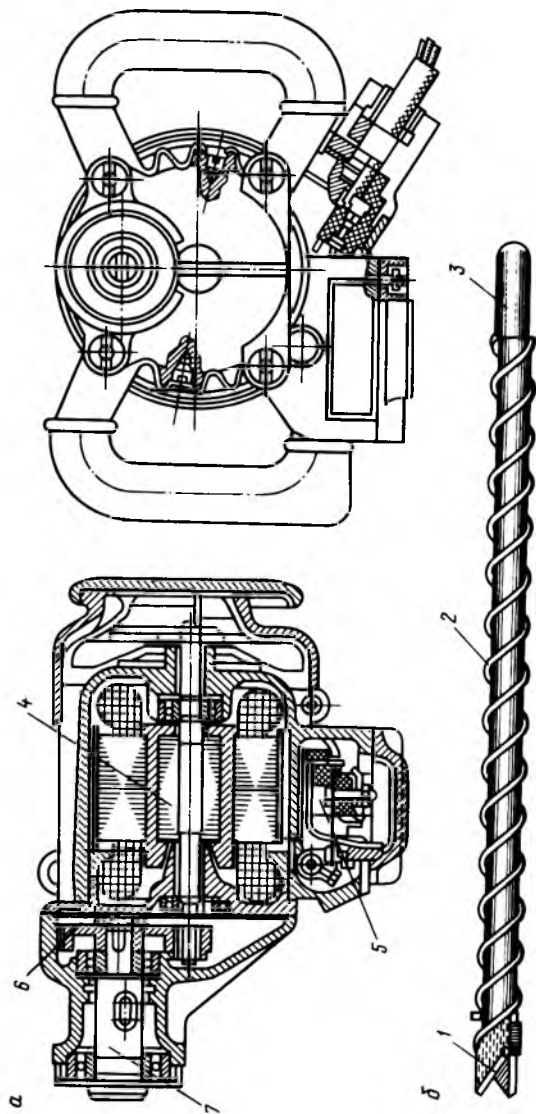


Рис. 11.2. Схема ручного электросверла (а) со штангой (б):

1 — коронка; 2 — буровая штанга; 3 — хвостовик; 4 — электродвигатель; 5 — выключатель; 6 — редуктор; 7 — шпиндель.

Электросверла состоят из электродвигателя и редуктора (рис. 11.2). Для бурения используются буровые штанги диаметром 36 мм. Промышленностью выпускаются четыре типа ручных электросверл: ЭР-14Д2М, ЭР-18Д2М, ЭРП-18Д2М и СЭР-19М.

Ручные пневмосверла СР-ЗБ1М и СР-31М применяются для бурения шпуров диаметром до 46 мм по углю и породам с коэффициентом крепости $f \geq 6$, а также для бурения скважин по углю диаметром до 250 мм и длиной до 10 м. При номинальном давлении сжатого воздуха 0,4 МПа мощность их двигателя составляет 1,9 кВт.

Электрогидравлический бур ЭБГП-1 предназначен для вращательного бурения шпуров диаметром до 50 мм при проведении горизонтальных горных выработок буровзрывным способом. В отличие от электросверл, которые требуют применения забурника в начале бурения, бур ЭБГП-1 позволяет бурить шпур глубиной до 2,2 м одной штангой. Электробур используется совместно с раздвижными колонками КЭБ-5, манипуляторами МН-2 и МБМ-3, при помощи которых он размещается на породопогрузочной машине.

Перфораторы — бурильные машины ударно-поворотного действия, работающие на сжатом воздухе. Они предназначены для бурения по породам средней крепости и крепким шпуров и скважин диаметром от 32 до 85 мм и длиной до 50 м. По массе перфораторы подразделяются на переносные, колонковые и телескопные.

Перфоратор (рис. 11.3) состоит из ударного, поворотного и воздухо-распределительного механизмов. При прямом ходе поршня сжатый воздух поступает в заднюю часть цилиндра, что заставляет поршень двигаться в сторону забоя и наносить штоком удар по хвостовику бура. При обратном ходе сжатый воздух поступает в переднюю часть цилиндра и заставляет поршень двигаться назад. При движении назад поршень с помощью шлицевого соединения и храпового механизма поворачивается. При этом поворачивается и сопряженная с ним поворотная букса вместе со вставленным в нее хвостовиком штанги. Такой поворот необходим для того, чтобы удар бура каждый раз приходился по новому месту забоя шпура или скважины.

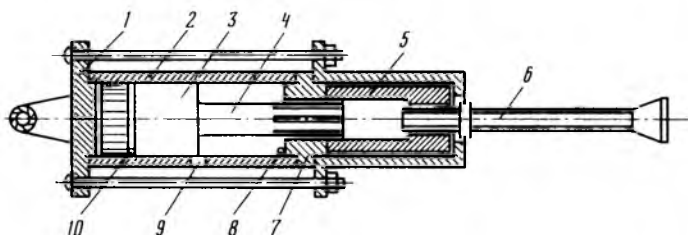


Рис. 11.3. Принципиальная схема перфоратора:

1 — крышка; 2 — цилиндр; 3 — поршень; 4 — шток; 5 — поворотная букса; 6 — хвостовик; 7 — втулка; 8 — выходное отверстие; 9, 10 — отверстия соответственно в задней и передней части цилиндра

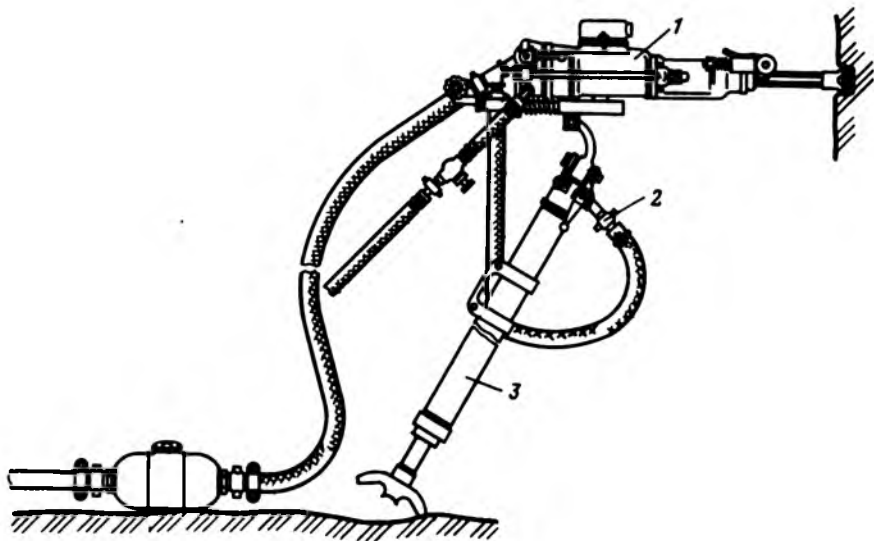


Рис. 11.4. Схема установки пневматической поддержки:

1 — перфоратор; 2 — регулировочный кран; 3 — пневматическая поддержка

Поступление воздуха в переднюю и заднюю части цилиндра регулируется воздухораспределительным устройством. Для обеспечения высокой производительности большое значение имеют форма и стойкость коронок, своевременное удаление мелочи из шпура и поддержание нормального давления сжатого воздуха.

Для закрепления перфоратора, подачи его на забой и снижения вредного влияния вибрации применяют специальные установочно-подающие приспособления — пневматические поддержки и податчики.

Пневматическая поддержка (рис. 11.4) служит для крепления и подачи переносных перфораторов и пневмосверл. Отечественной промышленностью выпускаются пневматические поддержки трех типов — 800, 1100 и 1300 мм, длина в сжатом состоянии — 1200, 1500 и 1700 мм, масса — 17, 20 и 22 кг.

Пневматические податчики служат для создания осевого давления бурильной машиной на забой и ее перемещения во время бурения. Податчики используются с телескопными и колонковыми перфораторами.

11.2. Шахтные бурильные и буровые установки

Бурильная установка представляет собой одну или две бурильные машины, установленные с помощью манипуляторов на платформе с колесно-рельсовым, гусеничным или пневмоколесным ходом. Наиболее рас-

пространенные способы передвижения бурильных установок — рельсово-колесный и гусеничный.

Шахтные бурильные машины предназначены для механизации бурения шпуров и скважин небольшого диаметра по углю и породам различной крепости при проведении подготовительных выработок и очистных работах. В зависимости от вида применяемой энергии они бывают пневматические, электрические и гидравлические.

В пневматических бурильных установках типов БУ, БУР и СБУ в качестве рабочего органа используются бурильные головки, принцип действия которых аналогичен принципу действия переносного перфоратора.

Промышленность выпускает также электрические бурильные установки типа БУЭ. Одной из них является установка БУЭ-1М (рис. 11.5), предназначенная для бурения шпуров при проведении буровзрывным способом подготовительных выработок с площадью поперечного сечения в свету до 10 м^2 . Она имеет рельсово-колесный ход. Перед началом работы бурильная установка подается к забою и с помощью специальных захватов крепится к рельсам, после чего приступают к бурению шпуров. Управление установкой осуществляется с пультов управления, расположенных по бокам машины.

Бурение различного рода технологических скважин (дегазационных, увлажнительных, водопонизительных, взрывных и др.), а также проходку печей, скатов и гезенков осуществляют с помощью *буровых установок*. Для этих целей промышленностью выпускаются буровые установки «Стрела-77», типа БГА, БЖ-45-100Э, Б-68КП, «Старт», БШ-2М, В-100-200.

Установка «Стрела-77» (рис. 11.6) предназначена для проведения восстающих выработок глухим забоем с углом наклона $40\text{—}90^\circ$, диаметром 1 м и длиной до 100 м по породам с $f \leq 10$. Она включает снаряд-вращатель, механизм подачи, маслостанцию, став подачи, гидродомкраты установки машины, тележку, башмаки с монорельсом и оросительную систему.

Буровые установки применяются для бурения скважин по углям любой крепости в шахтах, опасных по газу и пыли. Диаметр скважин 500—1150 мм, максимальная длина в зависимости от типа машины — 60, 100 и 150 м. Скважины бурятся в любом направлении — вверх, вниз, горизонтально. Разбуривание скважин возможно только при обратном ходе сверху вниз на крутых пластах.

Буровая установка «Старт» позволяет бурить горизонтальные и наклонные опережающие скважины диаметром 250 и 300 мм, длиной до 30 м в лавах на пологих пластах мощностью 0,8—1,9 м, опасных по внезапным выбросам угля и газа. Между почвой и кровлей угольного пласта она раскрепляется с помощью двух гидростоек.

Предназначенная для бурения из горных выработок дегазационных, увлажнительных и других скважин диаметром 100 и 130 мм, длиной до 200 м буровая установка Б-100-200 имеет дистанционное управление и автоматическое наращивание бурового става.

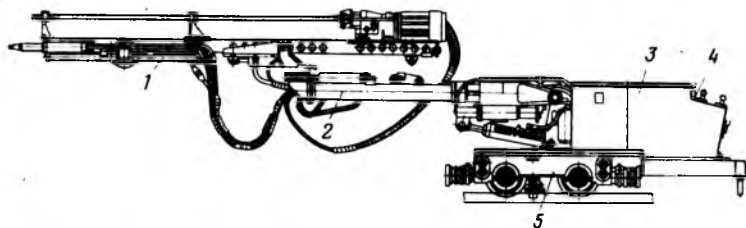


Рис. 11.5. Схема электрической бурильной установки БУЭ-1М:

1 — бурильная машина; 2 — манипулятор; 3 — рама; 4 — станция управления; 5 — перекатная платформа

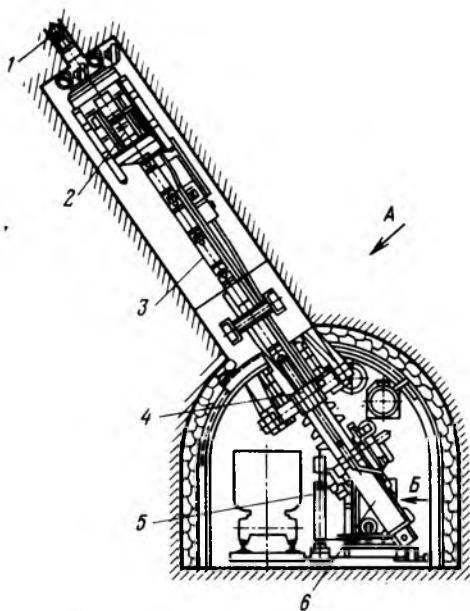


Рис. 11.6. Схема буровой установки «Стрела-77»:

1 — опережающее долото; 2 — буровой снаряд-вращатель; 3 — невращающийся буровой стай; 4 — механизм передачи; 5 — два гидродомкрата; 6 — направляющая рама

Для аналогичных целей создана и применяется на шахтах любой категории по газу и пыли, в том числе и опасных по внезапным выбросам угля и газа, буровая установка Б-68КП. Диаметр скважин по углю составляет 300—400 мм.

Уголь или порода при бурении шпуров и скважин разрушается съемными резцами и коронками, изготавливаемыми из прочных высококачественных сталей (хромоникельвольфрамовых, хромистых или инструментальных). Рабочую часть резцов и коронок (грани и лезвия) армируют твердыми сплавами на основе карбида вольфрама и кобальта.

Бурильные машины вращательного действия оснащаются резцами, а ударно-вращательного действия — коронками. Для бурения шпуров по мягким углям и породам применяют резцы РУ-4М (рис. 11.7, а), по крепким углям и породам с коэффициентом крепости до 4—6 — резцы РУ-13М (рис. 11.7, б). При бурении машинами ударно-поворотного действия (перфораторами) используются однодолотчатые трехперовые и крестовые коронки.

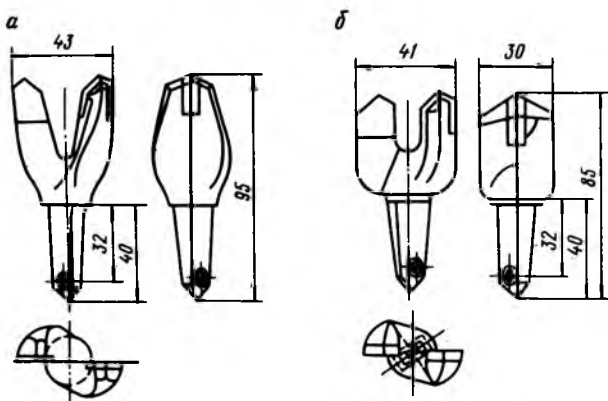


Рис. 11.7. Резцы для бурения шпуров по углю:
а — PY-4М; б — PY-13М

11.3. Погрузочные и буропогрузочные машины

Погрузочные машины предназначены для механизации одной из наиболее тяжелых и трудоемких операций проходческого цикла — загрузки взорванной породы или угля при проведении подготовительных выработок буровзрывным способом. Они применяются при проведении горизонтальных и наклонных (до $\pm 8^\circ$) горных выработок. Некоторые специально оборудованные погрузочные машины используются при проведении выработок сверху вниз с углом наклона до 18° . При системах разработки с короткими забоями погрузочные машины применяются для загрузки отбитого угля в камеры и заходках.

Погрузочные машины классифицируются по следующим признакам: принципу действия исполнительного органа — непрерывного или циклического действия; типу исполнительного органа — ковшовые или с нагребными лапами; способу захвата горной массы — с нижним, верхним или боковым черпанием; способу разгрузки — прямой, ступенчатый или боковой; типу ходовой части — рельсово-колесные, гусеничные, пневмоколесные.

В угольных шахтах применяются погрузочные машины как ковшовые (циклического действия), так и с нагребными лапами (непрерывного действия). Погрузочные машины с постоянно закрепленными на них бурильными машинами называют буропогрузочными.

В погрузочных машинах циклического действия черпание горной массы осуществляется ковшем. Цикл операций, выполняемых ковшовой машиной, складывается из движения ее вперед на погружаемый материал, загрузки ковша, подъема загруженного ковша и разгрузки его на перегрузочный конвейер или непосредственно в вагонетку. Простота конструкции, надежность и длительный срок службы, возможность загрузки крупнокусковой горной массы, высокая маневренность — основные до-

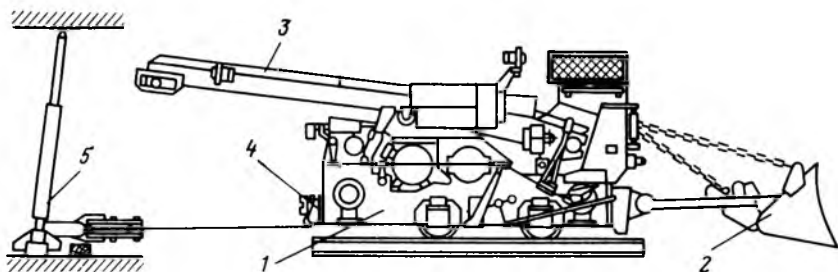


Рис. 11.8. Схема ковшовой погрузочной машины ППМ-4У:

1 — рама с ходовой тележкой; 2 — погрузочный ковш; 3 — передаточный конвейер; 4 — лебедка с канатом; 5 — упорная стойка

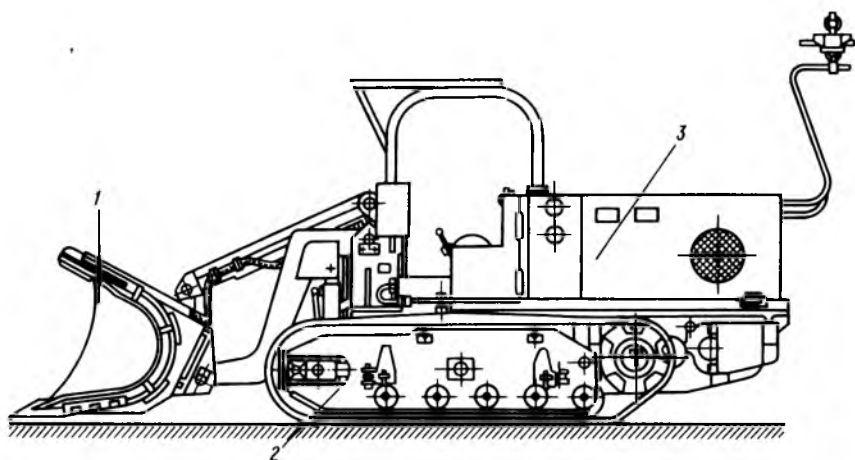


Рис. 11.9. Схема породопогрузочной машины МПК-3:

1 — погрузочный орган; 2 — механизм передвижения; 3 — привод с насосной станцией

стоинства ковшowych погрузочных машин. Их недостатки — ограниченный фронт погрузки, большие габариты по высоте в рабочем положении.

Отечественной промышленностью выпускаются серийно ковшowe погрузочные машины ППН-1 и ППН-1С, ППН-5 и ППН-5П, ППН-4У. Каждая из этих машин, принципиально не отличающихся друг от друга, включает раму с ходовой тележкой, погрузочный ковш, передаточный конвейер (кроме машин ППН-1 и ППН-1С). Погрузочная машина ППН-4У (рис. 11.8) снабжена также лебедкой с канатом и упорной стойкой, которые обеспечивают ее работу при проведении уклонов.

Породопогрузочная машина МПК-3 (рис. 11.9) отличается от упомянутых рядом особенностей, которые позволяют расширить область ее применения и повысить эффективность процесса погрузки. Она состоит

Таблица 11.1

Показатели	1ПНБ-2	2ПНБ-2	ПНБ-3Д2
Производительность, м ³ /мин	2,2	2,5	5
Максимальный размер погружаемого куска, мм	400	500	800
Скорость передвижения, м/мин:			
рабочая	10	10	10
маневровая	16	16	20
Суммарная мощность электродвигателей, кВт	31	70	134
Габариты, м:			
длина	2,35	7,8	9
ширина	0,8	1,8	2,7
высота	1	1,45	1,9
Масса, т	3	12	27

из погрузочного органа, механизма передвижения и привода с насосной станцией. Машина полностью гидрофицирована и управляется из кабины. Производительность машины составляет 2,4 м³/мин при вместимости ковша 1 м³. Боковая разгрузка ковша (в отличие от других машин подобного типа) позволяет сократить продолжительность цикла погрузки, увеличить фронт погрузки, отказаться от перегрузочного конвейера. Машина МПК-3 механизмирует ряд вспомогательных процессов проходческого цикла (доставку крепежного материала, подъем и установку элементов крепи).

Погрузочные машины непрерывного действия (с нагребающими лапами) представлены на угольных шахтах машинами типа ПНБ. Техническая характеристика некоторых из этих машин приведена в табл. 11.1.

При работе погрузочная машина с нагребающими лапами подается вперед. Ее исполнительный орган внедряется в погружаемый материал. Нагребающие лапы захватывают и перемещают его по наклонному полку на перегрузочный конвейер, который грузит материал в вагонетку или на доставочный конвейер. Достоинства таких машин — надежность действия и высокая производительность, недостаток — относительно быстрый износ деталей исполнительного органа (особенно нагребающих лап).

Погрузочная машина 2ПНБ-2 (рис. 11.10) состоит из исполнительного органа 1 с двумя нагребающими лапами, гусеничной ходовой части 2, одноцепного скребкового конвейера 5, электрооборудования 6, маслостанции 4, пульта управления 3 и оросительной системы 7. На раме нагребающей части смонтированы приводы лап, промежуточный редуктор и электродвигатель.

Машина применяется при проведении буровзрывным способом горизонтальных и наклонных (до 10°) подготовительных выработок с площадью поперечного сечения не менее 4,5 м².

Для работы в наклонных (до 18°) выработках на базе машины 1ПНБ-2 путем установки усиленных тормозных устройств, оснащения гусеничной цепи специальными шипами и применения предохранительной лебедки 1ЛП создана машина 1ПНБ-2У.

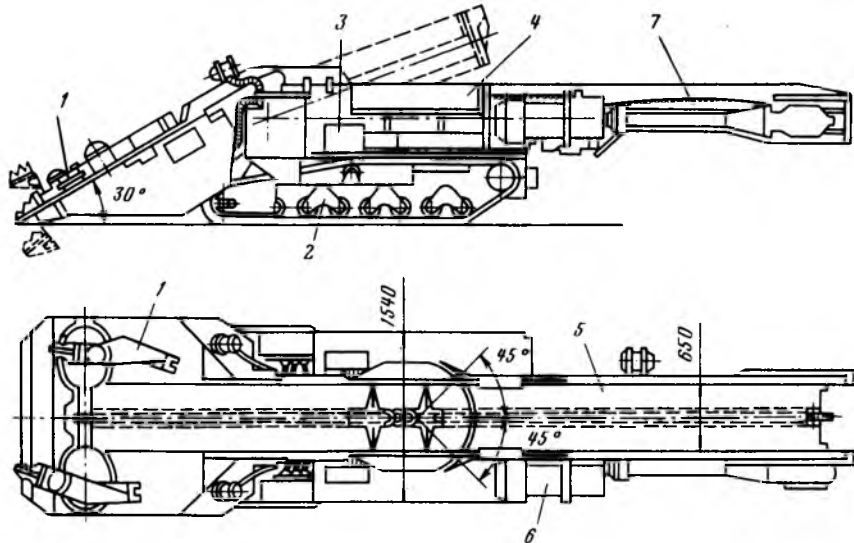


Рис. 11.10. Схема погрузочной машины непрерывного действия 2ПНБ-2

Погрузочная машина ПНБ-ЗД2 — наиболее тяжелая из машин непрерывного действия. Усиленная конструкция всех узлов, повышенная стойкость деталей нагребавших лап и скребкового конвейера, высокая энерговооруженность машины позволяют грузить горную массу с высокими крепостью, абразивностью и плотностью. Минимальные размеры горной выработки в свету равны по ширине 3,7 м, по высоте — 2,5 м.

Буропогрузочные машины 1ПНБ-2Б и 2ПНБ-2Б состоят из погрузочной и бурильной частей. В погрузочной части использованы погрузочные машины 1ПНБ-2 и 2ПНБ-2. Бурильная часть машины 1ПНБ-2Б состоит из бурильной машины (электросверла), складывающегося манипулятора, опорной рамы и пульта управления, а бурильная часть машины 2ПНБ-2Б — из электрической или пневматической бурильной машины, манипулятора и двух пультов управления. При погрузке горной массы и в транспортном положении манипулятор бурильной машины находится в сложенном состоянии. Перед обуриванием забоя манипулятор выдвигается вперед.

Техническая производительность ковшовой погрузочной машины ($\text{м}^3/\text{ч}$) определяется по формуле

$$P_{\tau} = 3600 q k_s / (T + Q),$$

где q — вместимость ковша, м^3 ; k_s — коэффициент заполнения ковша; T — продолжительность цикла черпания, с; Q — продолжительность паузы между циклами черпания, с.

Продолжительность одного цикла черпания современными погрузоч-

ными машинами составляет 11—16 с, а коэффициент заполнения для погрузочных машин легкого и тяжелого типов — соответственно 0,7—0,9 и 0,9—1,15. При правильно выбранном паспорте буровзрывных работ, обеспечивающем равномерное дробление и кучное расположение породы после взрыва, коэффициент заполнения ковша можно значительно увеличить.

Техническая производительность погрузочной машины с нагребающими лапами ($\text{м}^3/\text{ч}$) находится по формуле

$$P_t = 60 m n_k h l b,$$

где m — число нагребающих лап; n_k — число качаний лап в минуту, $n_k = 30 \div 46$; h — высота лапы, м; l — длина зачерпывания с учетом внедрения носка, м; b — ширина зачерпывания, м.

Эксплуатационная производительность погрузочной машины ($\text{м}^3/\text{смену}$) определяется по ее технической производительности:

$$P_s = P_t t_m,$$

где t_m — чистое время работы машины по погрузке горной массы в смену, ч.

Эффективность применения погрузочных машин в значительной степени зависит от организации транспортировки горной массы из забоя.

11.4. Проходческие комбайны

Проходческим комбайном называется горная машина, выполняющая не менее двух основных проходческих операций: как правило, разрушение угольного или породного массива и погрузку отбитой горной массы в транспортные средства. Проходческие комбайны являются более прогрессивным видом механизации подготовительных работ, чем буровзрывной способ с погрузкой горной массы погрузочными машинами.

По типу исполнительного органа проходческие комбайны разделяются на комбайны буровые и избирательного действия.

Буровые комбайны обрабатывают одновременно всю площадь забоя подготовительной выработки исполнительным органом, выполненным в виде единого ротора или нескольких многолезцовых режущих дисков.

Исполнительный орган комбайна избирательного действия обрабатывает одновременно только часть забоя и в процессе работы последовательно перемещается по нему.

подавляющее большинство проходческих комбайнов, применяемых в угольных шахтах, относится к комбайнам избирательного действия. Рабочий орган комбайнов избирательного действия представляет собой поворотную рукоять с насаженной на конце многолезцовой коронкой или барабаном. Такой исполнительный орган позволяет производить селективную выемку угля и породы и формировать необходимую форму поперечного сечения выработки. Передвижение комбайнов осуществляется исключительно с помощью гусеничной ходовой части.

В настоящее время отечественной промышленностью серийно выпу-

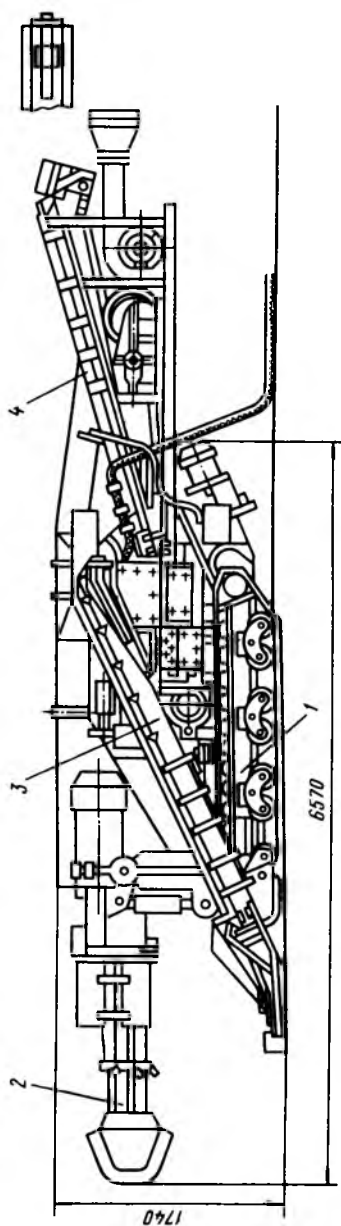


Рис. 11.11. Схема проходческого комбайна ПК-ЗР:

1 — гусеничная ходовая часть, 2 — стрела с резцовой коронкой конической формы, 3 — кольцевой конвейерный погрузчик, 4 — прицепной ленточный перегружатель

Таблица 11.2

Показатели	ПК-3Р	4ПУ	ГПКС *	4ПП-2М	4ПП-5	К-56МГ
Максимальная производительность, т/мин	1,4	1,2	1,5—1,8	0,47**	0,6**	2,25
Площадь поперечного сечения проводимой выработки вчере, м ²	5,3—12	4—8,2	4,7—15	9—25	14—36	4—8
Скорость движения, м/мин	1,38	2,4	6,8	2	2	1,8
Суммарная энерговооруженность, кВт	64,5	63	175—185	250	350	65
Масса, т	12,5	10,5	19—21,2	45	75	12,7

* Семейство комбайнов ГПКС (ГПКС, ГПСКП, ГПСКВ и ГПСКН).

** Производительность по породе в м³/мин.

скаются следующие комбайны избирательного действия: ПК-3Р, 4ПУ, ГПКС (ГПКС, ГПСКП, ГПСКВ и ГПСКН), К-56МГ, «Урал-38», 4ПП-2М и 4ПП-2Щ, 4ПП-5. Краткая их техническая характеристика приведена в табл. 11.2.

Комбайн ПК-3Р предназначен для проведения горизонтальных и наклонных (до 10°) подготовительных выработок трапециевидной, прямоугольной или арочной формы по углю или с присечкой вмещающих пород (до 50%) с коэффициентом крепости $f \leq 4$ (рис. 11.11).

Исполнительный орган комбайна состоит из электродвигателя, стрелы и резцовой коронки конической формы одностороннего вращения. Он может поворачиваться на 55° в каждую сторону от центральной продольной оси комбайна. Погрузочное устройство комбайна выполнено в виде кольцевого конвейерного погрузчика с консольными скребками. Разрушение забоя осуществляется режущей коронкой при поворотах стрелы исполнительного органа в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Последовательность обработки забоя определяется структурой забоя, формой и размерами поперечного сечения выработки. Система пылегашения комбайна ПК-3Р состоит из средств орошения и пылеотсоса. Погрузка горной массы в транспортные средства осуществляется с помощью прицепного ленточного перегружателя.

Комбайн 4ПУ имеет аналогичную область применения, что и комбайн ПК-3Р. Однако из-за несколько меньших габаритов площадь поперечного сечения проводимых выработок ограничивается 8,2 м².

Комбайн 4ПУ (рис. 11.12) имеет исполнительный орган, включающий стрелы с резцовой отбойной коронкой на конце, редуктор, электродвигатель и раму. По раме стрела телескопически выдвигается вместе с редуктором и электродвигателем. Погрузочное устройство выполнено в виде двухскатного стола с нагребными лапами и скребкового конвейера. С помощью гидроцилиндров стол может подниматься на 300 мм выше и опускаться на 100 мм ниже опорной поверхности гусениц, что существенно улучшает процесс погрузки горной массы. Погрузка горной массы в средства шахтного транспорта осуществляется с помощью прицепного ленточного перегружателя, жестко сцепленного с комбайном.

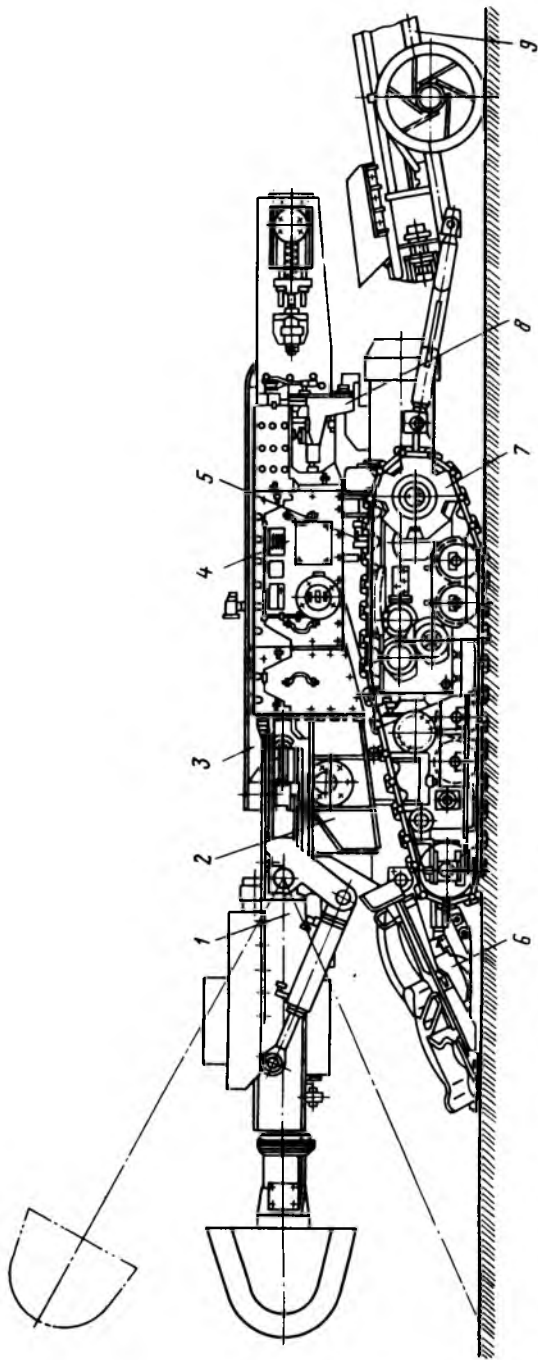


Рис. 11.12. Схема проходческого комбайна 4ПУ:

1 — стреловидный исполнительный орган с режущей коронкой; 2 — опорно-поворотный механизм; 3 — система пылеподавления; 4 — электрооборудование с пультом управления; 5 — гидросистема; 6 — погружное устройство; 7 — механизм передвижения; 8 — дебаланс; 9 — дебаланс

Комбайны семейства ГПКС предназначены для проведения горизонтальных и наклонных выработок по углю и с присечкой абразивных пород.

Комбайн ГПКС снабжен исполнительным органом с конической или цилиндрической отбойной коронкой и погрузочным устройством с подъемно-поворотным конвейером. Модификации комбайна ГПКСВ и ГПКСН предназначены для проведения наклонных выработок по восстанию и падению. Конструктивное отличие этих модификаций состоит в закреплении на ведущие звездочки их гусеничной цепи подтяжных барабан-лебедок.

Проходческий комбайн 4ПП-2М предназначен для проведения горизонтальных и наклонных (до $\pm 10^\circ$) выработок по углю и породам с коэффициентом крепости $f \leq 7$. Комбайн обеспечивает присечку боковых пород до 75%, однако при наличии пород с коэффициентом крепости $f = 7$ присечка не может превышать 15%.

Исполнительный орган комбайна 4ПП-2М (рис. 11.13) представляет собой стреловидную конструкцию с телескопическим удлинением стрелы, способную перемещаться в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Погрузочное устройство состоит из питателя, двух нагребавших лап, центрального скребкового конвейера. Питатель с помощью гидроцилиндра может подниматься выше опорной поверхности гусениц на 440 мм и опускаться ниже этой поверхности на 150 мм. Кроме того, питатель с помощью гидроцилиндра может поворачиваться на угол $\pm 25^\circ$ в горизонтальной плоскости. Повышенная свобода питателя улучшает маневренность комбайна и обеспечивает лучшую зачистку почвы выработки.

Комбайн 4ПП-2Ц является модификацией комбайна 4ПП-2М, предназначенной для проведения подготовительных выработок с площадью поперечного сечения 10,7—18 м² по выбросоопасным угольным пластам малой и средней (до 1,2 м) мощности. Конструктивным отличием комбайна 4ПП-2Ц является специальная удлиненная коронка, которая позволяет создавать опережающие разгрузочные полости, предупреждающие внезапный выброс угля и пород.

Комбайн 4ПП-5 — наиболее мощный из выпускаемых в СССР проходческих комбайнов избирательного действия. С помощью этого комбайна можно проводить выработки с площадью поперечного сечения вчерне от 14 до 36 м². Конструктивное исполнение комбайна аналогично комбайну 4ПП-2М, однако он отличается большими размерами, прочностью и повышенной мощностью исполнительного органа.

Комбайны избирательного действия К-56МГ и «Урал-38» применяются главным образом для механогидравлической отбойки угля на гидрошахтах. Отличительной особенностью комбайна К-56МГ является наличие верхнего перекрытия, предохраняющего оборудование комбайна от повреждения при вывалах породы из незакрепленной кровли в заходках. Управление комбайном — дистанционное. Комбайн «Урал-38» имеет небольшие габариты, в связи с чем минимальная площадь поперечного сечения проводимой выработки вчерне составляет всего 1,8 м². Комбайн может управляться дистанционно на расстоянии до 15 м.

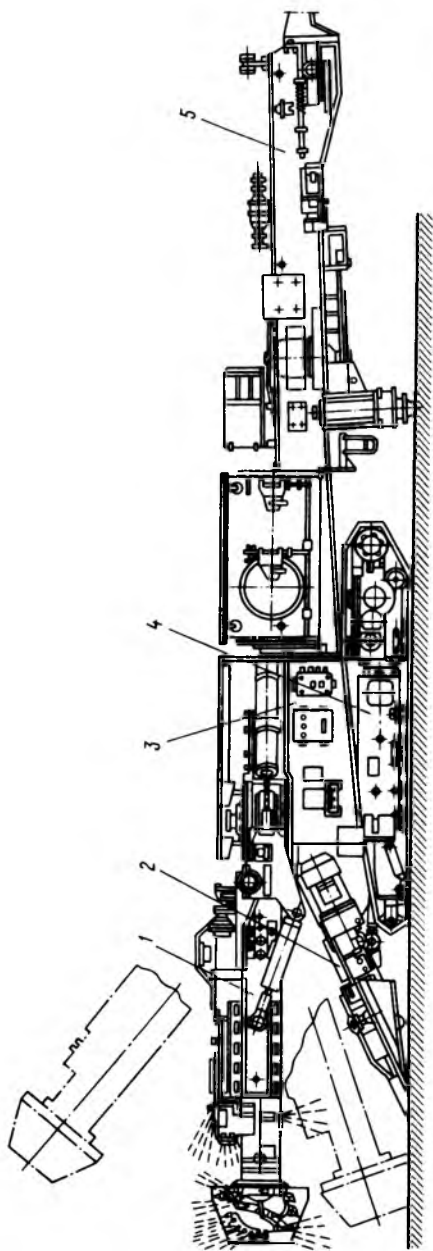


Рис. 11.13. Схема проходческого комбайна 4ПП-2М:

1 — стреловидный исполнительный орган, 2 — погружное устройство, 3 — погружное устройство с пультом управления, 4 — механизм передвижения, 5 — конвейерный погружник

11.5. Комплексы для проведения горных выработок

Комплексы для проведения подготовительных выработок представляют собой совокупность горных машин, конструктивно и технологически связанных друг с другом и обеспечивающих комплексную механизацию основных работ по проведению горных выработок (отбойка и погрузка горной массы, возведение временной и постоянной крепи, транспортирование, погрузка и разгрузка материалов в призабойной зоне, наращивание транспортных и энергетических коммуникаций). К числу таких комплексов относятся проходческие комплексы КРТ и «Союз-19У», нарезные комплексы КН и КН-78, щитовой комплекс КЩ-5,2Б и комплекс «Сибирь» для проведения выработок буровзрывным способом.

Комплексы КРТ и «Союз-19У» созданы на основе буровых комбайнов. В состав комплексов входят транспортный мост с манипулятором и прицепное оборудование.

При проведении выработки комплексом КРТ забой разрушается торовым забурником диаметром 3,8 м с последующим разбуриванием коническим расширителем до диаметра 4,75 м. Отбитая порода, осыпаясь на почву выработки, захватывается ковшами и поднимается на ленточный перегружатель транспортного моста, который доставляет ее до средств шахтного транспорта. Арочную форму выработке придают с помощью бермовых фрез, которые подрезают часть породы у нижнего свода выработки. Перемещение бурового комбайна осуществляется с помощью распорно-шагающего устройства, а контроль направления движения комбайна — по лазерному указателю курса. При помощи специального манипулятора, управляемого дистанционно, устанавливается специальная металлическая арочная пятизвенная крепь, запас которой располагается в задней части комплекса.

В проходческом комплексе «Союз-19У» выработку крепят предварительно собранной в ремонтную смену на крепемонтажном устройстве специальной арочной крепью, которая по мере необходимости подается вперед к месту установки и поднимается вверх гидроподъемниками. Другая его особенность — использование напряжения 6 кВ вместо 660 В в комплексе КРТ.

Область применения комплексов КРТ и «Союз-19У» — проведение горизонтальных и наклонных ($\pm 10^\circ$) выработок арочной формой поперечного сечения при площади в проходке соответственно 18 и 20,6 м². Коэффициент крепости пород $f=6 \div 10$. Породы могут быть выбросоопасными, шахты — опасными по газу и пыли.

На шахтах Подмосковского бассейна для проведения магистральных штреков смешанным забоем (уголь, песок, глина с прослойками известняка с коэффициентом крепости $f \leq 6$) применяется проходческий щитовой комплекс КЩ-5,2Б. С помощью этого комплекса проводят выработки диаметром в проходке 5,2 м с эксплуатационной скоростью 105—210 м/мес.

В щитовой комплекс КЩ-5,2Б входят корпус щита с гидродомкратами

для его передвижки, исполнительный орган от комбайна 4ПП-2, погрузочная машина, скребковый конвейер, блокоукладчик, ленточный перегружатель, гидро- и электрооборудование, аппаратура контроля за направлением движения щита.

Кольцевая крепь возводится внутри оболочки щита с помощью блокоукладчика, который за 30 мин обеспечивает сборку в определенной последовательности кольца крепи из блоков. Комплексом КЩ-5,2Б целесообразно проходить магистральные штреки протяженностью не менее 400 м. Такое же требование справедливо для комплексов КРТ и «Союз-19У», так как из-за значительной их длины и большой массы необходимо возможно меньшее число перемонтажей оборудования.

Нарезной комплекс КН предназначен для проведения по углю нарезных выработок шириной 4 м на пологих (до 18°) пластах мощностью 0,7—1,2 м, не опасных по внезапным выбросам угля и газа. Комплекс может работать по падению, восстанию или простиранию пласта с любым забойным конвейером. В состав комплекса входят нарезной комбайн, перегружатель, крепь «Спутник», система пылеподавления, электрооборудование и секция подачи. Исполнительный орган комбайна представляет собой двоянный бар, длина которого определяет ширину прямоугольной выработки. Положение исполнительного органа по мощности пласта регулируется с помощью гидродомкратов. Отбитый уголь скребками, расположенными на баре, выносится из призабойного пространства. Подача комбайна на забой производится двумя гидродомкратами, которые используются также для перемещения распорных стоек. Управление комплексом может осуществляться непосредственно с пульта или полуавтоматически.

В отличие от комплекса КН нарезной комплекс КН-78 имеет П-образный исполнительный орган с удлиненными рычагами качания, направляющую балку для управления в плоскости пласта, ограждающие щиты для улучшения погрузки угля, средства дистанционного управления на расстоянии до 40 м от комбайна. Кроме того, предусматривается временное механизированное крепление призабойного пространства с помощью верхняков вспомогательного распора комбайна, комплекс КН-78 будет выпускаться двух типоразмеров: для пластов мощностью 0,7—1,1 м и 1,1—1,6 м.

Для проведения буровзрывным способом наклонных выработок с площадью поперечного сечения в свету 12—22 м² и углом наклона не более 25° изготавливается комплекс «Сибирь». Основу комплекса составляет платформа, подвешенная на канате лебедки. На платформе смонтированы две гидравлические погрузочные машины с боковой разгрузкой ковша, две бурильные машины, крепеустановщик и перегружатель.

11.6. Выбор типа и определение производительности проходческого комбайна

При выборе типа проходческого комбайна необходимо руководствоваться горно-геологическими и горнотехническими условиями, а также техническими данными проходческих комбайнов. При проведении работ по углю и смешанным забоем с присечкой пород с коэффициентом крепости $f \leq 4-6$ предпочтение следует отдавать проходческим комбайнам избирательного действия.

Производительность проходческого комбайна в основном зависит от его надежности, физико-механических свойств разрушаемой горной породы, качества резцов, вида транспорта, способа обмена груженых вагонеток на порожние, вида крепи, организации труда и квалификации членов бригады.

Теоретическая производительность проходческого комбайна с буровым исполнительным органом (т/ч или м/ч) определяется по формулам:

$$Q_T = 60 S v_n \gamma;$$

$$P_T = Q_T / S \gamma = 60 v_n,$$

где S — площадь поперечного сечения проводимой выработки в проходке, м^2 ; v_n — максимальная скорость подачи, м/мин ; γ — плотность породы в массиве, т/м^3 .

Для комбайнов с исполнительным органом избирательного действия теоретическая производительность (т/ч или м/ч) находится по формулам:

$$Q = 3600 m B v_{nn} \gamma;$$

$$P_T = Q_T / S \gamma = 3600 m B v_{nn} / S,$$

где m — мощность вынимаемого слоя угля или породы при поперечном перемещении коронки в процессе работы, м ; B — максимальный захват исполнительного органа, м ; v_{nn} — максимальная скорость поперечного перемещения исполнительного органа, м/мин .

Для корончатых исполнительных органов, выполненных в виде конуса, $m = d_k / 2$, где d_k — максимальный диаметр конической коронки по резцам, м .

Техническая производительность проходческого комбайна с буровым исполнительным органом (т/ч или м/ч)

$$Q_{\text{тех}} = 60 S v_n K_{\text{тех}};$$

$$P_{\text{тех}} = 60 v_n K_{\text{тех}},$$

где $K_{\text{тех}}$ — коэффициент использования комбайна во времени, для комбайнов с буровым исполнительным органом $K = 0,3 \div 0,4$.

Техническая производительность комбайна с исполнительным органом избирательного действия (т/ч или м/ч)

$$Q_{\text{тех}} = 3600 m B v_{nn} K_{\text{тех}};$$

$$P_{\text{тех}} = Q_{\text{тех}} / S \gamma = 3600 m B v_{nn} K_{\text{тех}} / S,$$

где $K_{\text{тех}}$ — коэффициент непрерывности работы комбайна;

$$K_{\text{тех}} = 1 / (1 / K_n + T_{\text{пр}} v_n / l_n);$$

$T_{\text{пр}}$ — время простоев комбайна за рабочий цикл, затрачиваемое на маневровые операции и замену инструмента, мин; l_n — путь, пройденный комбайном за рабочий цикл, м; K_n — коэффициент надежности комбайна.

Эксплуатационная производительность проходческого комбайна (т/ч или м/ч)

$$Q_3 = Q_{\text{тех}} k_3;$$

$$П_3 = П_{\text{тех}} k_3,$$

где k_3 — коэффициент, учитывающий все виды простоев при работе проходческих комбайнов.

Коэффициент k_3 представляет собой отношение производительного времени работы комбайна к продолжительности смены. Среднее значение этого коэффициента составляет 0,2—0,3, а при надлежащем уходе за оборудованием и хорошей организации работ достигает 0,8. При организации работ необходимо стремиться к максимальному сокращению непроизводительных затрат времени, ликвидации простоев комбайна и максимальному увеличению за счет этого машинного времени.

Кроме общих требований к технике безопасности при проведении выработок комбайновый способ предъявляет и некоторые специфические требования, которые можно свести к следующим:

соответствие технических характеристик проходческих комбайнов и вспомогательного оборудования горно-геологическим условиям проведения выработки;

обеспечение исправного состояния проходческого комбайна путем его систематических осмотров и профилактических ремонтов, а также замены режущего инструмента;

исключение возможности нахождения людей в забое дальше пульта управления комбайном при его работе;

проведение осмотра и ремонта только при заблокированной кнопке «Стоп» комбайна и при вывешенном плакате «Не включать — работают люди».

Вопросы для самоконтроля

1. В чем заключается принцип действия отбойного молотка?
2. Какие виды энергии используются при бурении шпуров и скважин?
3. В чем заключается принцип действия перфоратора?
4. Каковы назначение и принцип действия бурильных установок?
5. Чем отличаются буровые установки от бурильных?
6. Какие типы погрузочных машин наиболее широко применяются в угольных шахтах?
7. В чем отличие технической производительности погрузочной машины от ее эксплуатационной производительности?
8. Какие производственные процессы выполняются с помощью проходческих комбайнов?
9. В чем принципиальное отличие буровых проходческих комбайнов от комбайнов избирательного действия?
10. Каково назначение проходческих комплексов?

12. ВЫЕМОЧНЫЕ МАШИНЫ И КОМБАЙНЫ

12.1 Врубовые машины и широкозахватные комбайны

Врубовая машина предназначена для подрубки в очистных забоях угольного пласта щелью высотой 0,2 м на глубину от 1,6 до 2 м и создания тем самым второй свободной поверхности, позволяющей резко уменьшить энергоемкость разрушения массива и повысить эффективность отбойки угля буровзрывным способом. Исполнительным органом машины является плоский бар с режущей цепью, оснащенной зубками, и натяжной звездочкой на конце бара.

Вдоль забоя машина перемещается с помощью каната или цепи при механизме подачи, встроенном в машину.

В отличие от врубовой машины выемочный комбайн не только подрубает угольный пласт, но и грузит отбитый уголь на забойный конвейер. При создании первых комбайнов в максимальной степени использовались узлы врубовых машин и их компоновочная схема. Вместе с тем применение кольцевого бара для отбойки угля и появление грузчика привело к созданию качественно новой машины — широкозахватного комбайна. Широкозахватные комбайны имели большое распространение в послевоенный период, сыграв положительную роль в росте объемов добычи угля и снижении трудоемкости очистных работ. Сейчас они вытеснены узкозахватными комбайнами и струговыми установками.

Угольным машиностроением серийно выпускаются только два типа широкозахватных комбайнов — 2КЦТГ и «Кировец-2К», которые предназначены для использования на тонких пологих угольных пластах в лавах с индивидуальной крепью и скребковыми конвейерами СК-38 или СПМ-46.

Выемка угля комбайном 2КЦТГ производится по двухсторонней схеме с разворотом комбайна на 180° в нишах, предварительно подготовленных по концам лавы. Комбайн работает в лоб уступа с почвы пласта, опираясь на нее двумя передними и двумя задними лыжами. Перемещение комбайна осуществляется с помощью гидравлической подающей части по цепи, растянутой вдоль лавы и закрепленной по ее концам. Комбайн 2КЦТГ выпускается трех типоразмеров — для пластов мощностью 0,55—0,6; 0,6—0,68 и 0,68—0,75 м.

Выемка угля комбайном «Кировец-2К» (рис. 12.1) осуществляется по односторонней схеме с обратным холостым перегоном. Комбайн перемещается вдоль лавы с помощью гидравлического механизма подачи «Урал-33». Тяговым органом является канат, один конец которого прикреплен к барабану механизма подачи, а другой — к стойке, устанавливаемой в лаве и переносимой вдоль лавы по мере перемещения комбайна. Для комбайнов «Кировец-2К» предусмотрено изготовление баров на ширину захвата 1,0; 1,65 и 1,8 м.

Основные недостатки широкозахватных комбайнов — невозможность механизировать процесс крепления лавы и необходимость в подготовке ниш по концам очистного забоя.

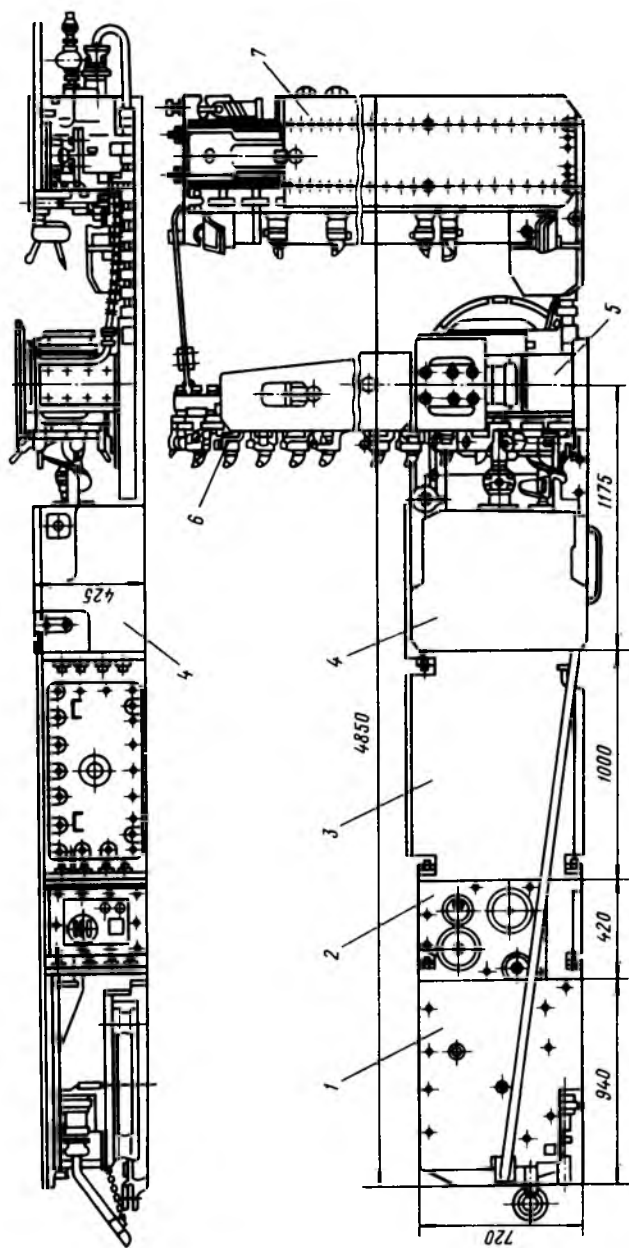


Рис. 12.1. Схема широкозахватного комбайна «Кировец-2К»:

1 — механизм подачи; 2 — редуктор механизма подачи; 3 — электродвигатель; 4 — редуктор режущей части; 5 — кольцевой бар; 6 — режущая цепь с зубками; 7 — грузчик

12.2. Узкозахватные комбайны

Угольные комбайны с шириной отбиваемой от массива угля полосы менее 1 м относятся к узкозахватным комбайнам. При такой ширине полосы площадь обнажения кровли при проходе комбайна значительно меньше; эта площадь может быть закреплена передвижной механизированной крепью без разборки забойного конвейера путем его изгиба в призабойном пространстве. В результате появилась возможность комплексно механизировать основные процессы в очистном забое, включая выемку, крепление, передвижку конвейера, и создать очистные механизированные комплексы и агрегаты. Кроме того, узкий захват характерен меньшими энергозатратами на разрушение массива, поскольку отбойка угля ведется в зоне отжима горным давлением. Конструктивные особенности узкозахватных комбайнов позволяют управлять рабочим органом по мощности пласта и исключить тем самым оставление угольных пачек. Одной из важных технологических особенностей узкозахватных комбайнов является возможность ликвидации ниш по концам лавы, устройство которых требует значительных трудовых затрат. Узкозахватные комбайны упрощают маневры на концевых участках лавы, обеспечивают высокую эффективность погрузки угля на забойный конвейер и большую безопасность труда. Все это сделало их наиболее распространенными выемочными машинами на угольных шахтах.

Узкозахватный комбайн (рис. 12.2) состоит из корпуса со встроенными в нем электродвигателями и электрогидравлической системой подачи и разнесенных по концам корпуса двух рабочих органов шнекового типа. Корпус комбайна может располагаться на ставе забойного конвейера или непосредственно на почве угольного пласта (при разработке тонких угольных пластов). Перемещение узкозахватных комбайнов по лаве осуществляется с помощью тяговой цепи, закрепленной по концам лавы, или реечного зацепления, устанавливаемого с завальной стороны

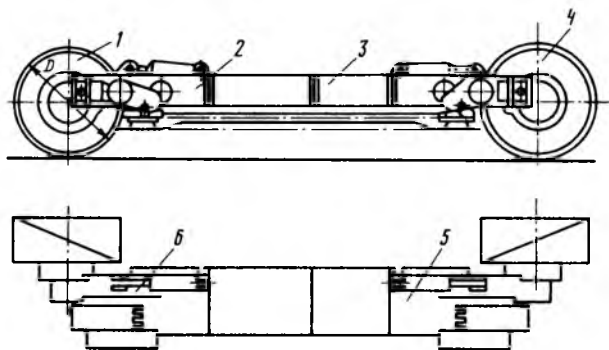


Рис. 12.2. Принципиальная схема узкозахватного комбайна:

1, 4 — рабочие органы; 2 — основной редуктор; 3 — электродвигатель; 5 — механизм подачи; 6 — поворотный редуктор

Таблица 12.1

Комбайны	Тип рабочего органа	Число рабочих органов	Ширина захвата, м	Число и мощность двигателей, кВт	Тип системы подачи	Максимальная рабочая скорость подачи, м/мин
<i>Комбайны для выемки тонких пластов</i>						
К-103	Шнековый	2	0,8	2/75	Вынесенная гидравлическая	5
КА-80	Барабанный	2	0,8	1/132	То же	5
МК-87М	То же	1	0,8	1/125	Встроенная гидравлическая	5
1К-101	Шнековый	2	0,63; 0,8	1/100	То же	4,4
<i>Комбайны для выемки пластов средней мощности</i>						
2К-52МУ	То же	2	0,63; 0,8	1/100	То же	4,4
1ГШ-68	»	2	0,63; 0,8	2/132	»	4,4
1ГШ-68Б	»	2	0,63	2/160	»	4,4
2ГШ-68Б	»	2	0,63; 0,8	2/132	Бесцепная гидравлическая	6
КШ-1КГУ	»	2	0,5; 0,63	1/100	Встроенная гидравлическая	4,4
ВК	»	1	0,63	1/145	То же	4,4
КШ-3М	»	2	0,5; 0,63	2/145	»	4,4
2КШ-3	»	2	0,5; 0,63	2/200	Бесцепная гидравлическая	8
1КШЭ	»	2	0,5; 0,63	2/200	Бесцепная электрическая	5,2

забойного конвейера (бесцепная система подачи). Комбайны оборудованы системами пылеподавления, дистанционного или автоматического управления, связи и средствами аварийной защиты.

По условиям применения узкозахватные комбайны можно разделить на две группы: комбайны для выемки пологих и наклонных пластов и комбайны для выемки крутых пластов.

Краткая техническая характеристика выпускаемых отечественной промышленностью узкозахватных комбайнов для выемки тонких и средней мощности угольных пластов приведена в табл. 12.1.

Комбайн К-103 работает в очистных забоях на пластах мощностью 0,6—1,2 м с углами падения до 35° при подвигании лав по простиранию и до 10° по падению и восстанию. Для удержания комбайна при работе в лавах с углом наклона более 9° применяется предохранительная ледьба.

Комбайн работает с рамы передвижного скребкового конвейера, обеспечивает работу без ниш путем самозарубки в угольный пласт косыми заездами по концам очистного забоя. Регулировка вынимаемой мощности обеспечивается гидродомкратами управления высотой шнеков.

Для уменьшения длины корпуса комбайна, что весьма существенно при выемке тонких и весьма тонких пластов, комбайн оснащен вынесенной системой подачи (ВСП). Приводы ВСП располагаются у головного и концевого приводов забойного конвейера. С помощью этих приводов осуществляется движение тяговой цепи, к которой прикреплен комбайн. Передний по ходу движения привод ВСП перемещает комбайн, а задний в это время осуществляет вытягивание ее холостой ветви. Приводы ВСП обеспечивают бесступенчатое регулирование скорости подачи комбайна как в автоматическом, так и в ручном режимах управления. Пульт управления комбайном и приводами ВСП расположен на комбайне. Комбайн оснащен оросительным устройством для пылеподавления.

Комбайн КА-80 имеет близкую с комбайном К-103 область применения, но несколько более высокую минимально вынимаемую мощность пласта — 0,85 м. Отличительная его особенность — барабанный исполнительный орган с вертикальной осью вращения, что обеспечивает меньшую энергоемкость разрушения и лучшую сортность угля. Управление высотой исполнительного органа осуществляется раздвижкой верхнего подвижного барабана относительно нижнего неподвижного с помощью гидродомкрата. Система подачи комбайна аналогична системе для комбайна К-103. Комбайн КА-80 выпускается в двух исполнениях, отличающихся различными пределами регулирования высоты исполнительных органов. Комбайны КА-80 оснащаются системами телеуправления и орошения для пылеподавления.

Комбайны типа ГШ-68 являются наиболее распространенными выемочными машинами для выемки угольных пластов 1,3—2,5 м с углом падения до 35° при подвигании лав по простиранию и до 10° по восстанию или падению. Комбайны типа ГШ-68 могут работать в составе большинства очистных механизированных комплексов, предназначенных для пластов средней мощности. Комбайн 1ГШ-68Е отличается от базовой модели 1ГШ-68 тем, что оснащен двумя электродвигателями, работающими при напряжении 1140 В. Наиболее совершенной модификацией комбайна 1ГШ-68, отличающейся от базового применением бесцепной системы подачи (БСП), является комбайн 2ГШ-68Б.

Исполнительный орган комбайна включают два шнека одинакового диаметра, расположенных по концам корпуса комбайна. Такое расположение шнеков позволяет комбайну работать без ниш по концам лав (при определенной ширине примыкающих к забою выработок), а также осуществлять зарубку в угольный пласт косыми заездами на фланговых участках лавы. Регулировка шнеков по высоте осуществляется специальными домкратами подъема поворотных редукторов, на которых размещены шнеки. Комбайн передвигается по ставу забойного конвейера с помощью гидравлической БСП. Перемещение осуществляется перекачиванием зубчатого колеса механизма подачи по цевочной рейке, закрепленной с завальной стороны става забойного конвейера. Бесцепная система подачи позволяет удерживать комбайн при длительных остановках с помощью специального тормозного механизма, входящего в БСП. Выравнивание комбайна в горизонтальной плоскости про-

изводится специальными домкратами, расположенными с забойной стороны корпуса комбайна. Комбайн снабжен системой орошения. Управление комбайном осуществляется с переносного пульта, а управление скоростью подачи — автоматическое в зависимости от нагрузки электродвигателя.

Комбайн 1КШЭ применяется для выемки угольных пластов мощностью 2—4,2 м с углами падения до 35° при подвигании лав по простиранию и до 10° по падению или восстанию. Компоновка шнеков такая же, что и у комбайнов типа ГШ-68. Технологические возможности комбайна 1КШЭ аналогичны возможностям комбайна 2ГШ-68Б.

Отличительная особенность комбайна 1КШЭ — оснащение его двумя бесцепными механизмами подачи с электроприводом постоянного тока. Перемещение комбайна по забойному конвейеру осуществляется механизмом подачи, включающем зубчатые колеса, расположенные на комбайне, и цевочную рейку, размещаемую с завальной стороны конвейера. Комбайн опирается на забойный конвейер с помощью четырех опор, две из которых расположены с завальной стороны и охватывают круглую направляющую, удерживая комбайн на конвейере. Опоры, расположенные на забойной стороне, оснащены домкратами для выравнивания корпуса комбайна относительно забойного конвейера. Управление комбайном осуществляется с выносного пульта управления.

В настоящее время закончены испытания и рекомендованы к изготовлению опытной партии узкозахватные комбайны унифицированного ряда РКУ, предназначенные для механизации выемки угля на пологих пластах мощностью 1,1—4,5 м с углами падения до 35° при подвигании лав по простиранию и до 10° по восстанию или падению. Унифицированный ряд включает пять основных типоразмеров — РКУ-10, РКУ-13, РКУ-16, РКУП-20 и РКУП-25.

Комбайны унифицированного ряда РКУ оснащены шнековыми исполнительными органами, располагаемыми по концам корпуса. Предусмотрена компоновка комбайнов РКУ-10 и РКУ-13 с одним шнеком для работы в лавах с двухкомбайновой выемкой. Все комбайны ряда РКУ оснащены двумя бесцепными механизмами подачи: гидравлическим или электрическим (с тиристорным преобразователем). В дальнейшем предполагается перевод всех комбайнов РКУ на тиристорный привод механизмов подачи.

Комплектование комбайнов двумя механизмами подачи с тормозными устройствами, которые входят в состав БСП, позволяет применять комбайны РКУ на пластах с углами падения более 9° без использования предохранительных лебедок. Высокая энерговооруженность комбайнов обеспечивается применением электродвигателей с водяным охлаждением мощностью 200 кВт и жидкостнозаполненными электродвигателями мощностью 315 кВт. Краткая техническая характеристика комбайнов унифицированного ряда РКУ приведена в табл. 12.2.

Основные направления совершенствования конструкции комбайнов — увеличение мощности электродвигателей (энерговооруженности), перевод на бесцепные системы подачи с применением высокомоментного

Таблица 12.2

Типоразмер комбайна	Пределы регулирования исполнительного органа по высоте, м	Ширина захвата	Число и мощность двигателей, кВт	Тип системы подачи	Габариты (длина × ширина × высота), м	Масса, т
РКУ-10	1—1,82	0,63	1/200	Бесцепная гидравлическая	6,95 × 0,915 × 0,8	17
РКУ-13	1,25—2,2	0,63	1/200; 2/200	То же	6,95 × 0,915 × 0,95	20—21
РКУ-16	1,6—2,6	0,63	1/315	»	6,95 × 0,915 × 1,2	22
РКУП-20	1,8—4,5	0,5; 0,63	2/315	Бесцепная электрическая	8,2 × 0,915 × × (1,5—1,7)	30—31
РКУП-25	2—4,5	0,5	2/315	То же	8,2 × 0,915 × 2	35

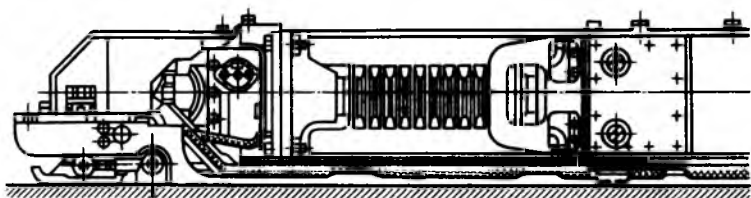
Примечание. Все комбайны унифицированного ряда РКУ имеют максимальную рабочую скорость подачи 5 м/мин. Они оснащены двумя шнеками.

гидропривода и тиристорного привода постоянного тока, блочная компоновка отдельных узлов, поиск новых конструктивных решений по созданию комбайнов для тонких пластов.

Для выемки крутых пластов предназначены очистные комбайны «Поиск-2» и «Темп-1», работающие по односторонней схеме снизу вверх в лоб уступа с почвы пласта. Перемещение комбайнов вдоль лавы производится с помощью лебедки 1ЛГКНМ, установленной на вентиляционном штреке. После выемки полосы угля шириной 0,9 или 1 м комбайн спускают в нижнюю часть лавы, после чего крепят призабойное производство.

Комбайн «Поиск-2» предназначен для выемки весьма тонких угольных пластов мощностью 0,36—0,75 м при подвигании лав по простиранию. Комбайн оснащен двумя барабанными рабочими органами с горизонтальной осью вращения, размещенными по концам корпуса. Опережающий барабан подрезает угольный пласт у почвы пласта, а отстающий барабан разрушает верхнюю часть пласта. Мощность двух пневмодвигателей комбайна составляет 95 кВт при давлении сжатого воздуха 0,4 МПа. Управление комбайном осуществляется с выносного пульта.

Комбайн «Темп-1» (рис. 12.3) обеспечивает выемку крутых пластов мощностью 0,65—1,4 м при подвигании лав по простиранию. Комбайн состоит из постели, на которой расположены исполнительный орган, гидроблок, редуктор режущей части, лыжа для спуска комбайна и гидроцилиндр для регулировки высоты режущей части. Исполнительный орган состоит из двух барабанов, нижнего (нерегулируемого) и верхнего (регулируемого по высоте). С помощью нижнего барабана разрушают угольную пачку у почвы пласта. Верхний барабан обеспечивает отбойку верхней угольной пачки и оформление забоя. В комбайне предусматривается использование как электрического, так и пневматического привода. Мощность электродвигателя 70 кВт, пневмодвигателя — 45 кВт. Управление



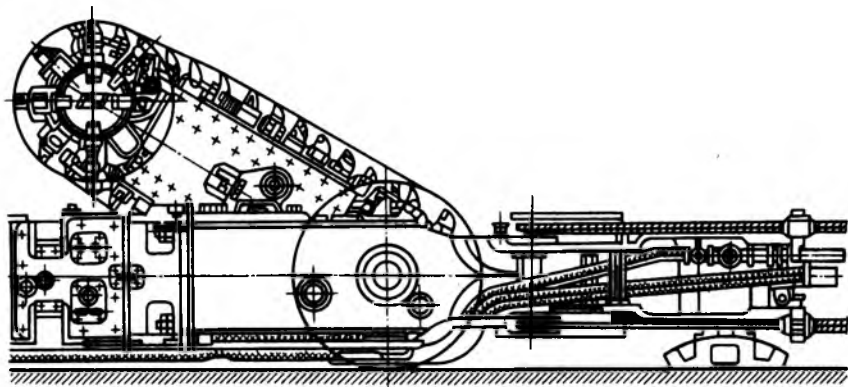
ние комбайном и двухбарабанной лебедкой 1ЛГКНМ, установленной на вентиляционном штреке, осуществляется с переносного пульта.

12.3. Струги и струговые установки

Струг представляет собой металлическую конструкцию, не имеющую, как правило, встроенного двигателя, перемещаемую способом волочения вдоль угольного забоя и осуществляющую при этом скалывание угля и погрузку его на забойный конвейер. Как средство механизации отбойки и погрузки угля в очистных забоях пластов мощностью до 2 м с кровлями не ниже средней устойчивости и спокойной гипсометрией почвы струг имеет явные преимущества по сравнению с угольными комбайнами. Эти преимущества заключаются в возможности выемки пластов мощностью от 0,3 м, простоте конструкции рабочего органа, низких энергозатратах на отбойку угля из-за работы в полностью отжатой горным давлением призабойной зоне угольного массива. В одинаковых горно-геологических условиях (мощность пласта, угол падения, крепость угля и устойчивость боковых пород и т. д.) производительность струга в 1,5—2 раза выше производительности узкозахватного угольного комбайна. Это обусловлено значительно большей скоростью движения струга по сравнению со скоростью подачи комбайна. При струговой выемке угля обеспечиваются благоприятные предпосылки для создания дистанционно или автоматически управляемых выемочных агрегатов, не требующих постоянного присутствия людей в очистном забое.

Струговой установкой называют комплект взаимосвязанных технологически машин и механизмов, предназначенных для механизации отбойки и погрузки угля в очистном забое. В это определение включают как собственно струговые установки, так и отличающиеся от них конструктивно скрепероструговые и конвейероструговые установки.

В угольных шахтах страны применяются струговые установки УСТ-2М, 1УСБ-67, СО-75, СН-75 и УСВ-2, выпускаемые отечественной промышленностью.



Перечисленные струговые установки предназначены для выемки угля на пластах мощностью от 0,55 до 2 м с углами падения до 20—25° при подвигании лав по простиранию, до 8° по восстанию и до 5—10° по падению. Сопrotивляемость угля резанию от 1,5 до 3 кН/см; вмещающиеся породы — не ниже средней устойчивости; гипсометрия почвы — выдержанная. Струговые установки работают в лавах как с индивидуальной, так и с механизированной крепью. Важнейшим условием высокопроизводительной работы струговых установок всех типов является наличие в очистном забое постоянного отжима угля при хорошо выраженном кливаже.

Струговая установка СН-75 (рис. 12.4) состоит из нижней 1 и верхней 6 приводных станций, струга 2 с тяговой цепью, гидropередвижника 3, наклонных направляющих 4, конвейера 5, анкерного устройства для крепления приводных станций. Исполнительный орган струговой установки СН-75 перемещается по специальным наклонным направляющим решетчатого става. Внутри наклонных направляющих размещаются обе ветви тяговой цепи струга. Струг к забою прижимается линейными домкратами гидropередвижника, располагающимися через 2—4 м по длине конвейера. Электрооборудование струговой установки обеспечивает дистанционное, а также автоматическое управление работой.

Выемка угля стругом производится в бессточном призабойном пространстве путем протягивания струга между забоем и конвейером. При движении струга снимается стружка толщиной 50—70 мм с оставлением верхней самообрушающейся пачки угля. Погрузка угля на конвейер осуществляется корпусом струга. Остановка струга по концам лавы производится с помощью концевых выключателей. Высота обработки забоя регулируется с помощью сменных проставок.

Постоянную подачу струга на забой осуществляют домкраты линейных передвижников и специальные домкраты для передвижки приводных станций на конвейерном и вентиляционном штреках. Вслед за продвижением очистного забоя устанавливается индивидуальная крепь или передвигается механизированная.

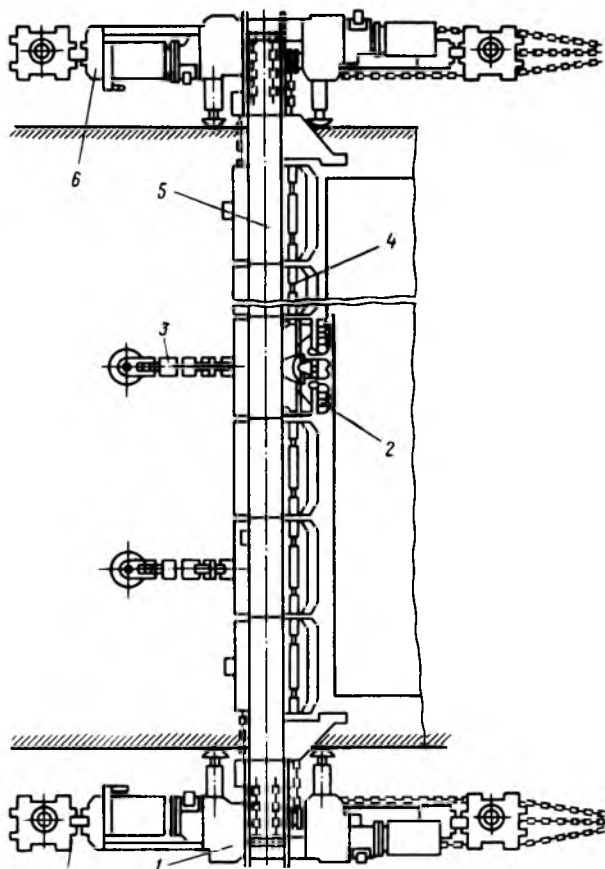


Рис. 12.4. Схема струговой установки СН-75

Вопросы для самоконтроля

1. В чем заключается назначение врубовой машины?
2. Каковы различия между широкозахватным и узкозахватным угольными комбайнами?
3. Каков наиболее распространенный тип исполнительного органа узкозахватного комбайна?
4. Какие бывают системы подачи угольных комбайнов?
5. В чем заключается принцип работы угольного струга?
6. Каковы преимущества струговой выемки перед комбайновой в аналогичных горно-геологических условиях?

13. СРЕДСТВА КРЕПЛЕНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ КРОВЛЕЙ В ОЧИСТНОМ ЗАБОЕ

13.1. Металлические стойки трения

Призайбойные стойки. Призайбойные металлические стойки трения типа Т изготавливают на рабочее сопротивление 200, 250 (основной ряд) и 300 (усиленный ряд) кН. Эти стойки выпускаются в следующих исполнениях: ТУ и ТЖ — соответственно уголкового и желобчатого основного ряда для тонких пластов; ТПК — с поворотным клином основного ряда для пластов тонких и средней мощности; ТКУ — клиновые усиленного ряда для пластов средней мощности; ТТК — трубчатые клиновые усиленного ряда для пластов средней мощности. Краткая характеристика призайбойных металлических стоек трения типа ТУ приведена в табл. 13.1.

Стойка трения типа ТУ (рис. 13.1) состоит из корпуса 1, выдвижной части 2 и замкового устройства. В корпус стойки входят желоб уголкового спецпрофиля, корпус 4 замка и нижняя опора 9. Выдвижная часть представляет собой стержень из уголкового спецпрофиля с верхней опорой 3. Замок стойки состоит из корпуса 4, вкладыша 5, горизонтального клина 7 и пружины 6.

Распор стойки между кровлей и почвой при ее установке осуществляется с помощью клиньев 8, которые вставляют в отверстия в корпусе стойки, расположенные в два ряда в шахматном порядке. Начальное

Таблица 13.1

Тип и типоразмер	Раздвижность, мм	Мощность обслуживаемых пластов, м	Рабочее сопротивление, кН	Масса, кг
1Т-15У	200	0,51—0,62	150	13,2
2Т-15У	230	0,55—0,69	150	13,9
3Т-15У	260	0,6—0,77	150	14,6
4Т-15У	300	0,7—0,88	150	23
5Т-20У	340	0,78—0,98	200	25,9
6Т-20У	370	0,88—1,08	200	28,1
7Т-20У	410	0,96—1,2	200	28,1
8Т-20У	450	1,05—1,33	200	30
9Т-25Ж	500	1,2—1,5	250	39,3
10Т-25Ж	600	1,3—1,7	250	42,1
11Т-25Ж	680	1,4—1,9	250	44,8
6Т-20	480	0,88—1,13	200	24,4
7Т-20	490	0,97—1,28	200	26,3
8Т-20	580	1,08—1,46	200	28,4
9Т-25	680	1,22—1,68	250	31,5
10Т-25	760	1,34—1,86	250	45,9
11Т-25	870	1,48—2,09	250	49,8
12Т-25	990	1,65—2,34	250	54
13Т-25	980	1,82—2,48	250	57

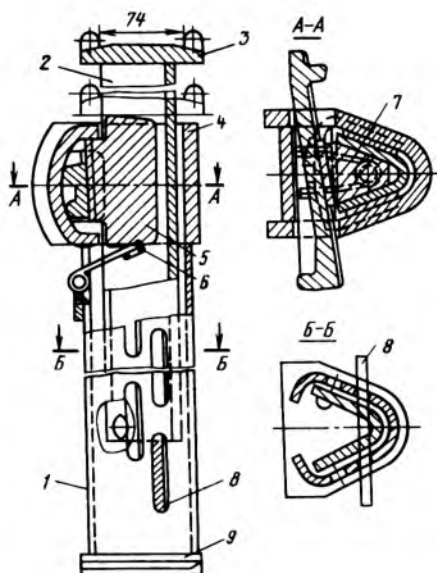


Рис. 13.1. Схема металлической стойки трения типа ТУ

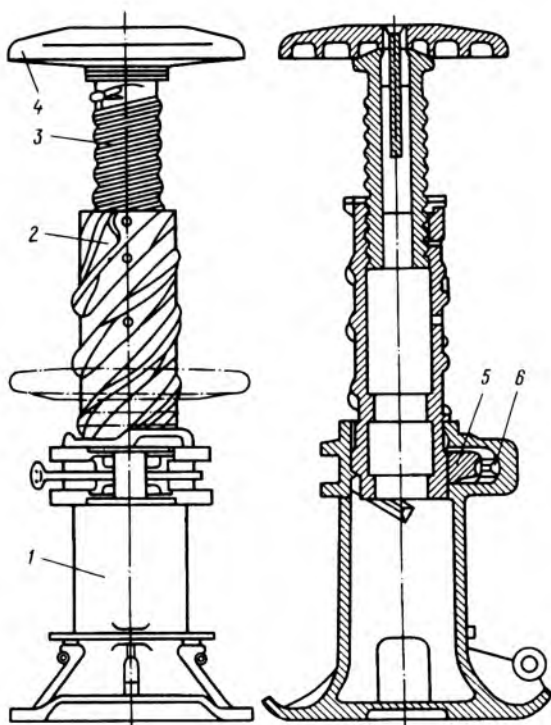


Рис. 13.2. Схема посадочной стойки типа ОКУМ

сопротивление стойки зависит от величины и числа ударов по горизонтальному клину, скошенному под углом 8° .

При опускании выдвижной части под действием горного давления вкладыш замкового устройства, перемещаясь по конической площадке клина на ход самозатяжки, равный 6—10 мм, увеличивает сопротивление стойки до рабочего. При дальнейшей работе стойки ее сопротивление остается постоянным. Разгрузка стойки осуществляется путем выбивания горизонтального клина в замке. При этом вкладыш под действием пружины поднимается вверх и освобождает выдвижную часть.

Стойки ТУ выпускаются восьми типоразмеров, которые охватывают диапазон мощности 0,51—1,3 м пологих угольных пластов. Рабочее сопротивление первых четырех типоразмеров 150 кН, остальных — 200 кН.

Стойки ТПК отличаются от предыдущей конструкции главным образом корытообразным профилем корпуса и выдвижной части. Стойки ТПК применяются в очистных забоях на пологих пластах мощностью 0,88—2,48 м. Стойки выпускаются восьми типоразмеров. Рабочее сопротивление первых трех типоразмеров равно 200 кН, последующих пяти — 250 кН.

Стойки ТЖ используются в очистных забоях на пологих пластах мощностью 1,21—1,88 м и выпускаются трех типоразмеров. Стойка ТЖ отличается от стойки типа ТУ областью применения, конструкцией замкового соединения и желобчатым профилем корпуса и выдвижной части. Рабочее сопротивление стоек 250 кН.

Посадочные стойки. В качестве посадочной крепи при управлении кровлей полным обрушением в очистных забоях на пологих пластах мощностью 0,45—2 м используются посадочные стойки трения типа ОКУМ. Они подразделяются на три группы в зависимости от рабочего сопротивления и податливости. В первую группу входят стойки с рабочим сопротивлением 1000 кН и податливостью 20—40 мм, во вторую — 1500 кН и 60—80 мм, в третью — 2000 кН и 100—140 мм.

Посадочная стойка ОКУМ (рис. 13.2) состоит из станины 1 с замковым устройством, основного винта 2, настроечного винта 3, верхней опоры-насадки 4, колодки 5 и горизонтального клина 6. На наружной поверхности основного винта имеется шесть спиральных витков. Три из них — упорные (грузовые), воспринимающие большую часть нагрузки, другие три — тормозные. Внутри основного винта имеется трапециевидная резьба, по которой ввинчивается настроечный винт, служащий для увеличения раздвижности и создания начального распора стойки.

Распор стойки между почвой и кровлей производится одним или двумя рабочими, которые вывинчивают основной винт. Подъем основного винта продолжается до упора насадки в кровлю или до полной раздвижки. После этого забивают горизонтальный клин.

Начальный распор стойки создают вывинчиванием настроечного винта. Силы трения, возникающие между тормозными витками станины и витками трения основного винта, а также между поверхностями колодки и тормозного витка основного винта, обеспечивают начальное сопротивление стойки. По мере повышения нагрузки на стойку происходит поворот основного винта и его заклинивание в замке, в результате

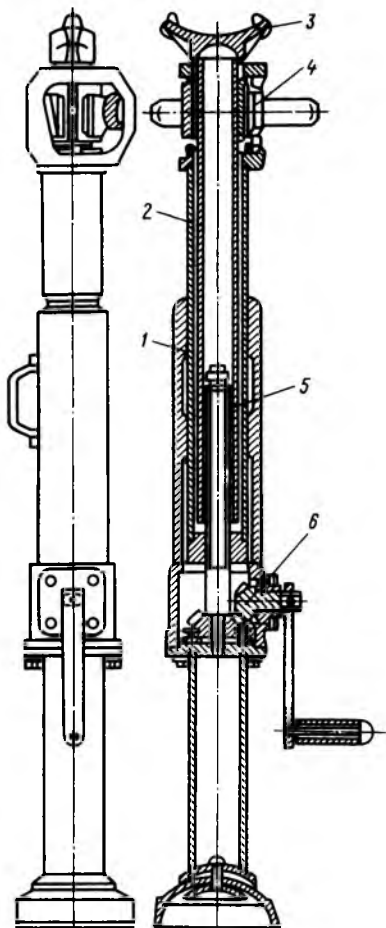


Рис. 13.3. Схема стойки временной крепи ВК-7:

1 — корпус; 2 — выдвижной шток; 3 — верхняя опора; 4 — клиновой замок; 5 — винтовая опора; 6 — редуктор подъема и спуска винтовой опоры

чего сопротивление стойки увеличивается до рабочего. Разгружает стойку один рабочий, находящийся под защитой соседней стойки.

Стойки временной крепи. Стойки типа ВК применяются в качестве временной крепи в очистных и подготовительных забоях на пластах с неустойчивой кровлей. Стойки ВК-7 (рис. 13.3) и ВК-8 — раздвижные трубчатые постоянного сопротивления (80 кН). Они имеют двойную раздвижность за счет клинового замка и винтовой пары. Минимальная и максимальная высота стойки ВК-7 равна соответственно 1,55 и 2,5 м, стойки ВК-8—2 и 2,95 м.

Стойка ВК-9 — укосная с винтовой раздвижкой. При работе она опирается не на почву, а на рядом установленную деревянную стойку и поддерживает консольную часть верхняка. Рабочее сопротивление стойки ВК-9 100 кН, масса 32 кг.

13.2. Гидравлические стойки

Призабойные гидравлические стойки. Они являются стойками постоянного сопротивления и применяются в очистных забоях на пологих пластах мощностью от 0,7 до 3,4 м при механизированной выемке угля комбайнами, стругами и другими выемочными машинами. Значительный начальный распор и малая податливость гидравлических стоек обеспечивает лучшее по сравнению со стойками трения состояние кровли в очистных забоях. Наличие дистанционной разгрузки гидравлических стоек повышает безопасность работ.

Гидравлические стойки в зависимости от конструкции изготавливают с внешним и внутренним питанием.

Гидростойки с внешним питанием типа ГВ имеют следующее исполнение: 2ГВТ — второй модели основного ряда для тонких пластов; ГВУ — усиленного ряда для тонких пластов; 2ГВС — второй модели основного ряда для пластов средней мощности. В табл. 13.2 приведена характеристика гидростоек с внешним питанием.

Принцип работы гидростоек с внешним питанием достаточно наглядно виден из схемы стойки типа 2ГВС (рис. 13.4). Стойка состоит из корпуса 1, выдвижной части (штока) 3 с устройствами ограничения раздвижности 5, предохранительно-разгрузочного клапана 6, загрузочного устройства 2, механизма разгрузки 7, верхней 4 и нижней 8 опор.

Таблица 13.2

Тип и типоразмер	Раздвижность, мм	Мощность обслуживаемых пластов, м	Рабочее сопротивление, кН	Масса, кг
4ГВ-20	210	0,72—0,85	200	23—25
5ГВ-20	270	0,79—0,97	200	25—27
6ГВ-20	320	0,88—1,09	200	28—30
7ГВ-20	390	0,98—1,24	200	30—32
8ГВ-20	450	1,08—1,43	200	33—37
9ГВ-20	550	1,20—1,63	200	36—40
10ГВ-20	600	1,32—1,78	200	40—44
11ГВ-25	680	1,48—2	250	47—50
12ГВ-25	750	1,65—2,26	250	51—56
27ВС-13	600	1,82—2,26	250	52—59
2ГВС-14	640	2,06—2,5	250	57—64
2ГВС-15	700	2,32—2,78	250	63—70
2ГВС-16	800	2,55—3,08	250	67—73
2ГВС-17	800	2,84—3,41	250	71—82
4ГВ-30	210	0,72—0,85	300	25—27
5ГВ-30	270	0,79—0,97	300	26—28
6ГВ-30	320	0,88—1,07	300	30—32
7ГВ-30	390	0,98—1,24	300	32—34
8ГВ-30	450	1,08—1,43	300	35—37
9ГВ-30	550	1,2—1,63	300	40—42
10ГВ-30	600	1,32—1,78	300	43—45

Примечание. Масса стоек одного типоразмера отличается в зависимости от размера насадки.

Рис. 13.4. Схема гидравлической стойки с внешним питанием типа 2ГВС

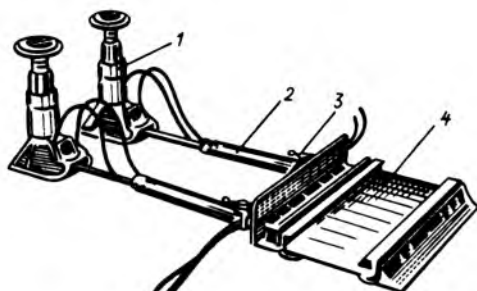
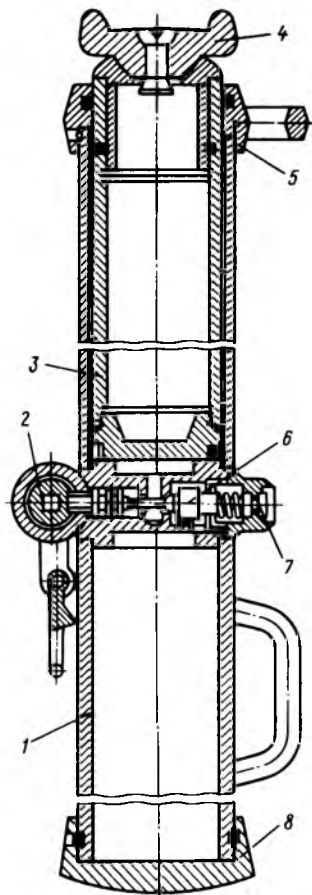


Рис. 13.5. Секции гидравлической посадочной крепи «Спутник»:

1 — гидровинтовая посадочная стойка; 2 — гидродомкрат передвижения; 3 — блок клапанов; 4 — забойный конвейер

Конструктивное исполнение стоек ГВ-30 аналогично и отличается лишь применением новой клапанной гидроаппаратуры, повышающей надежность стоек.

Отличительной особенностью стойки типа 2ГВТ от стоек типа 2ГВС и ГВ является то, что предохранительно-разгрузочный клапан и загрузочное устройство размещаются в корпусе выдвижной части.

Изменение типоразмеров стоек по высоте осуществляется за счет применения ряда нижних сменных насадок. Верхние насадки, устанавливаемые на верхних концах штоков, изготавливаются двух типов — для работы с металлическими и деревянными верхняками.

Раздвижка и распор стоек с внешним питанием осуществляются путем подачи под давлением по магистральному трубопроводу от насосной станции, установленной на штреке, водомасляной эмульсии. Гидромагистраль, проложенная по лаве, имеет через каждый 10 м отводные

гибкие рукава высокого давления с установочными пистолетами на концах. Заполнение стойки рабочей жидкостью при установке и распоре производится с помощью установочного пистолета через загрузочное устройство. При открытии крана пистолета рабочая жидкость поступает под поршень выдвижной части, раздвигая стойку и распирая ее с определенным усилием между почвой и кровлей. После этого рукоятку крана пистолета устанавливают в положение «Закрыто» и пистолет снимают со стойки. Разгрузку стойки производят путем открытия разгрузочного клапана, в результате чего рабочая жидкость выбрасывается наружу через отверстие в пробке, а выдвижная часть стойки опускается.

Гидростойки с внутренним питанием типа Г имеют следующее исполнение: СУГ — универсальные основного и усиленного ряда для тонких пластов; 2ГСК — второй модели основного ряда для пластов средней мощности; ГКУ — усиленного ряда для пластов средней мощности.

Стойки типа 2ГСК выпускаются серийно пяти типоразмеров с верхними насадками под металлический и деревянный верхняки и съемными нижними насадками. В корпусе стойки смонтированы основные узлы и детали насоса и размещается необходимый запас рабочей жидкости. Нижнее размещение насосной группы и резервуара с рабочей жидкостью обеспечивает постоянный уровень расположения приводной рукоятки насоса относительно почвы, что является необходимым условием нормальной эксплуатации стоек. Раздвижка и начальный распор стойки при ее установке обеспечиваются двухступенчатым насосом с ручным приводом.

Посадочная гидравлическая крепь. Гидравлическая посадочная крепь «Спутник» предназначена для механизации работ по управлению кровлей и передвижке забойного конвейера в очистных забоях на пластах мощностью 0,6—1,8 м с углами падения до 15°.

Крепь «Спутник» (рис. 13.5) состоит из отдельных секций, в каждую из которых входят гидровинтовая посадочная стойка, гидроблок клапанов, гидродомкрат передвижения, блок управления, гибкие рукава высокого давления и кронштейн для подсоединения к забойному конвейеру. Стойка имеет винтовую и гидравлическую раздвижность.

Гидродомкрат передвижения двухстороннего действия предназначен для передвижки забойного конвейера и посадочной крепи. На передней части гидродомкрата расположен гидроблок управления гидродомкратом и посадочной крепью.

13.3. Металлические верхняки индивидуальной крепи

Металлические шарнирные верхняки применяют в комплекте с призабойными металлическими стойками трения и гидравлическими стойками для крепления очистных забоев на пластах мощностью 0,75—2,5 м с углами падения до 35°.

В настоящее время промышленностью выпускаются металлические шарнирные верхняки с жесткой балкой, имеющие по концам замковое устройство.

Комплект верхняков ВВ-2 (рис. 13.6) включает опору и четыре

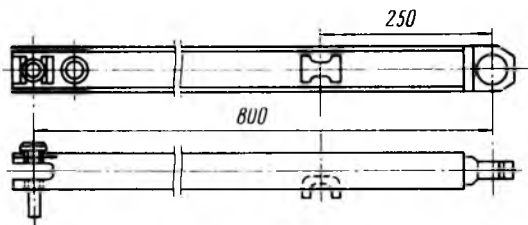


Рис. 13.6. Металлический шарнирный верхняк ВВ-2

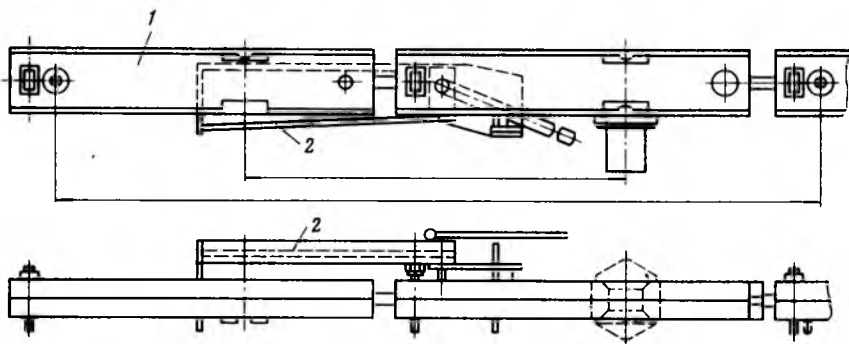


Рис. 13.7. Металлический шарнирный верхняк ВВ-30М:

1 — звено; 2 — опора

однотипных звена, шарнирно соединенных между собой. Опора выполнена в виде балки из спецпрофиля. На передней части опоры расположен кронштейн, а на задней — седловина для клина. Звено представляет собой металлическую балку с отверстиями по концам для соединения звеньев между собой в одну линию. На передней части звена имеется дополнительное отверстие для установки опоры.

Длина верхняка — 800, 1000 или 1260 мм (в зависимости от ширины захвата комбайна). Масса одного звена 14,2 кг, опоры — 13,2 кг.

Верхняк ВВ-30М (рис. 13.7) состоит из четырех однотипных звеньев и одной опоры. Звенья представляют собой балки из спецпрофиля с отверстиями и втулками на передней части балок. В отверстия вставляют ось опоры и вилки с соединительным штырем. На задней части балки находится подвижная проушина. Опора выполнена в виде балки из спецпрофиля, в передней части которой имеется кронштейн для выдвижки очередного звена, а в задней — седловина с распорным клином и ручка.

Очередное звено верхняка консольно навешивается с помощью опоры после прохода комбайна. После передвижки конвейера под консольное звено верхняка устанавливают стойку, опору снимают и крепят на конце вновь установленного звена верхняка.

13.4. Механизированные передвижные крепи

Механизированная передвижная крепь представляет собой располагающуюся по всей длине очистного забоя конструкцию, состоящую из отдельных секций. Она предназначена для поддержания вмещающих

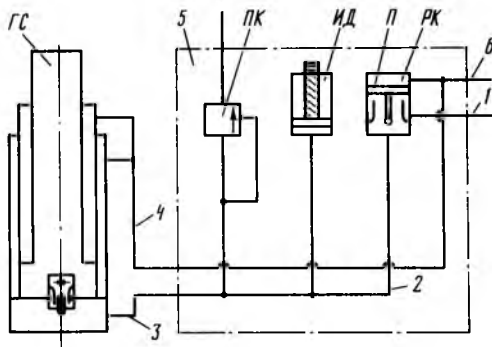


Рис. 13.8. Гидравлическая схема подключения стоек механизированной крепи

пород, сохранения очистной выработки в рабочем и безопасном состоянии и обеспечивает механизацию процессов крепления, управления кровлей и передвижки става забойного конвейера вместе с выемочной машиной.

Основным силовым опорным элементом механизированной крепи является гидравлическая стойка. Гидравлические схемы подключения гидростойки для всех механизированных крепей принципиально одинаковы (рис. 13.8). Начальный распор гидравлической стойки обеспечивается в результате поступления рабочей жидкости от насосной станции по напорной магистрали 1 через разгрузочный клапан РК и далее по магистрали 2—3 в поршневую полость гидростойки ГС. Усилие начального распора (МН)

$$N_{нр} = \pi P^2 p_{нс} / 4$$

где P — внутренний диаметр цилиндра гидростойки, м; $p_{нс}$ — давление, развиваемое насосной станцией, МПа.

После распора гидростойки с усилием $N_{нр}$ разгрузочный клапан РК закрывается и поршневая полость стойки оказывается запертой.

Под действием горного давления стойка развивает номинальное рабочее сопротивление. При превышении давления внутри стойки выше номинального срабатывает предохранительный клапан и рабочая жидкость из поршневой полости гидростойки ГС через магистраль 3—2, предохранительный клапан ПК поступает в сливную магистраль 6.

Для контроля давления в поршневой полости гидростойки служит индикатор давления ИД. Обычно предохранительный и разгрузочный клапаны с индикатором давления компонуются в общем корпусе, образуя стоечный блок 5.

Разгрузка гидростойки для ее последующей передвижки производится путем направления рабочей жидкости с помощью распределителя под давлением из магистрали 6 в магистраль штоковой полости 4 гидростойки ГС. Одновременно воздействуя на поршень П разгрузочного клапана,

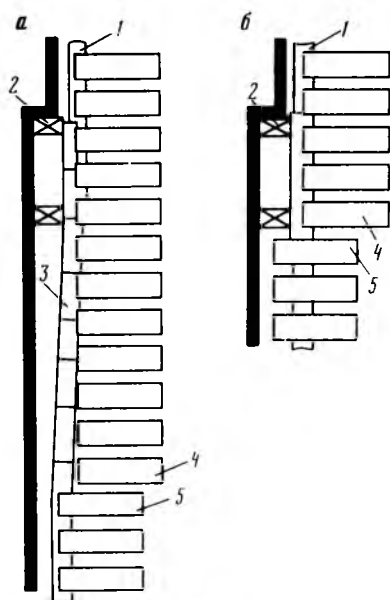
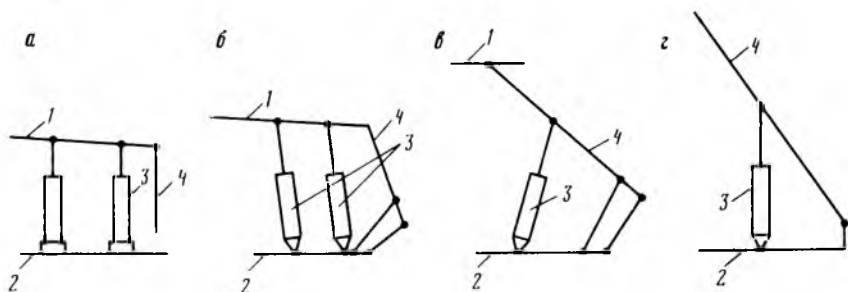


Рис. 13.9. Передвижение секций механизированной крепи по «незаряженной» (а) и «заряженной» (б) схемам:

1 — забойный конвейер; 2 — комбайн; 3 — волна изгиба става конвейера; 4 — неподвинутая секция крепи; 5 — передвинутая секция крепи

Рис. 13.10. Схемы поддерживающей (а), поддерживающе-оградительной (б), оградительно-поддерживающей (в) и оградительной (г) механизированных крепей:

1 — перекрытие; 2 — основание; 3 — гидростойки; 4 — ограждающая часть



рабочая жидкость своим давлением принудительно открывает разгрузочный клапан РК. В результате жидкость из поршневой полости гидростойки направляется на слив, разгружается стойка. После передвижки секции стойки распираются и цикл повторяется.

При узкозахватной комбайновой выемке наиболее распространены «незаряженная» и «заряженная» схемы последовательной передвижки секций крепи (рис. 13.9).

При «незаряженной» схеме (см. 13.9, а) в исходном положении секции крепи придвинуты к ставу забойного конвейера. Последующее передвижение секций крепи может осуществляться позади волны изгиба става забойного конвейера за выемочным комбайном. При «заряженной» схеме (см. рис. 13.9, б) передвижение секций крепи производится сразу после прохода исполнительного органа комбайна.

Важнейшим критерием является площадь незакрепленного пространства в зоне работы выемочной машины. В этом смысле «заряженная» схема передвижки секций крепи характеризуется относительно меньшей площадью незакрепленного пространства.

Одним из основных параметров, характеризующих механизированную крепь и принятую схему ее передвижки, является скорость крепления ($\text{м}^2/\text{мин}$):

$$a = 60tb/T,$$

где t — шаг установки секций, м; b — шаг передвижки, равный ширине захвата исполнительного органа комбайна, м; T — продолжительность передвижки секции крепи, с.

При равенстве шага передвижки крепи и ширины захвата исполнительного органа комбайна должно соблюдаться условие

$$60t/T \geq v_{\text{п.к.}},$$

где $v_{\text{п.к.}}$ — максимальная рабочая скорость подачи комбайна, м/мин.

Продолжительность передвижки секции крепи

$$T = t_1 + t_2 + t_3 + t_4,$$

где t_1, t_2, t_3, t_4 — длительность соответственно разгрузки стоек секции, собственно передвижки секции, распора стоек секции, перемещения оператора от одной секции к другой, с.

По характеру взаимодействия с вмещающими породами и способу защиты рабочего пространства очистного забоя от проникновения пород кровли механизированные крепи разделяют на поддерживающие, поддерживающе-оградительные, оградительно-поддерживающие и оградительные (рис. 13.10).

Основная функция поддерживающей крепи — поддержание вмещающих пород над рабочим пространством очистного забоя.

Поддерживающе-оградительная крепь наряду с поддержанием кровли в очистном забое также обеспечивает ограждение рабочего пространства от проникновения обрушенных пород.

Оградительно-поддерживающая крепь в основном предназначена для ограждения рабочего пространства от проникновения обрушенных пород и в меньшей степени для поддержания кровли над рабочим пространством лавы.

Оградительная крепь выполняет лишь функцию ограждения рабочего пространства от проникновения обрушенных пород.

По конструктивному исполнению механизированные крепи разделяются на секционные, комплектные и агрегатные. К секционным относятся крепи, которые состоят из отдельных секций, не имеющих силовых и кинематических связей между собой. Комплектные крепи состоят из отдельных комплектов секций, причем секции в каждом комплекте (две и более) подвижно связаны друг с другом, тогда как комплекты не имеют силовых и кинематических связей друг с другом и с оборудованием очистного забоя. Агрегатные крепи имеют

Таблица 13.3

Крепь	Число стоек в секции или комплекте	Удельное сопротивление крепи, кН/м ²	Усилие начального распора I/II ступени стойки, кН	Давление рабочей жидкости, МПа	Коеффициент затяжки кровли	Шаг установки секций, м	Масса крепи на 1 м длины лавы, кг
1МК-103	4	500	600/300	32	0,85	1,2	2708
2МКДМ	6	380	156	20	0,83	1,35	2176
1МК-97Д	4	300	310/157	20	0,67	1,45	1624
МК-98	4	300	310/157	20	0,7	1,6	1406
«Донбасс-80»		480	380	25	0,9	1,35	4520
1М-88, 2М-87УМН	2	410	402/190	20	0,9	0,95	2052 и 2248
М-87УМП	2	620	402/190	20	0,9	0,64	2150
М-87УМС	4	410	462/190	20	0,7	2	3570
1МТ	4	1000	623/353	20	0,9	1,2	3555
1МКМ	2	325	310	20	0,91	1,1	3477
МК-75	2	500	400	20	0,95	1,1	3880
Т-13К (ОКП)	1	415	400	20	0,79	1,1	3050
1ОКП-70	1	622	760	20	0,94	1,1	5110
2ОКП-70	1	663	760	20	0,94	1,1	5590
3ОКП-70	1	663	760	20	0,94	1,1	6603
4ОКП-70	1	600	760	20	0,94	1,1	4855
2М-81Э	2	435	400	20	0,95	1	3800
М-130	2	700	630	32	0,95	1,2	3312
1УКП	2	1100	1005	32	0,95	1,5	4887
2УКП	2	1300	1940	20	0,9	1,5	9267

силовую и кинематическую связь между секциями и с оборудованием очистного забоя по всей его длине.

Заводами угольного машиностроения выпускается большое число типов и модификаций механизированных крепей, охватывающее все многообразие горно-геологических условий. Краткая техническая характеристика крепей приведена в табл. 13.3.

К поддерживающим механизированным крепям относятся крепи 1МК-103, 2МКДМ, 1МК-97Д, МК-98, 1М-88, 2М-87УМН, М-87УМС, 1МТ и 2МТ. Особенности конструкции этих крепей видны из схемы крепи 1МК-103 (рис. 13.11). Агрегатированная с конвейером крепь состоит из четырехстоечных секций со стойками двойной гидравлической подвижности. Соседние секции соединены друг с другом у основания направляющей трубой, что позволяет применять крепь на пластах с углом падения до 35° при подвигании лав по простиранию. Управление секцией при передвижке производится дистанционно с соседних секций. Питание крепи осуществляется от насосной станции СНТ-32.

Поддерживающе-оградительные крепи представлены крепями «Донбасс-80», 1МКМ, МК-75, 2М-81Э, М-130.

Крепь М-130 (рис. 13.12) предназначена для применения на пластах мощностью 2—4,15 м (в зависимости от типоразмера) с углами падения до 35° при подвигании лав по простиранию и до 10° по падению.

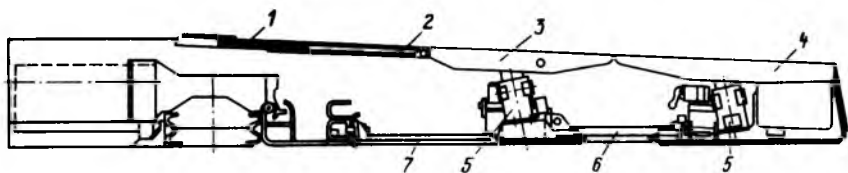


Рис. 13.11. Схема механизированной крепи ИМК-103:

1 — призабойная консоль; 2 — гидропатрон консоли; 3 — средняя часть перекрытия; 4 — задняя часть перекрытия; 5 — стойки двойной гидравлической раздвижности; 6 — гидродомкрат передвижки; 7 — жесткая балка, соединяющая секцию со ставом забойного конвейера

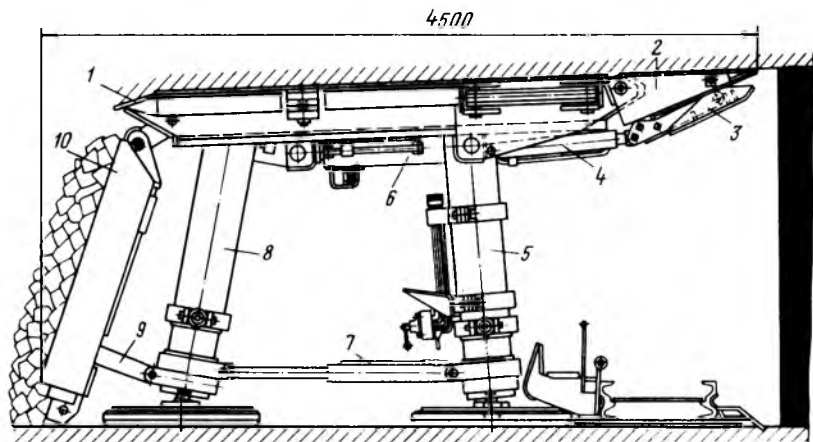


Рис. 13.12. Схема поддерживающе-оградительной крепи М-130:

1 — перекрытие; 2 — козырек с гидродомкратом для поджатия к кровле; 3 — противоотжимной щиток; 4 — гидродомкрат противоотжимного щитка; 5 — передняя гидростойка; 6 — гидродомкрат для передвижки секций и оградительного щита 10; 7 — гидродомкрат для передвижки стоек и конвейера; 8 — задняя гидростойка; 9 — тяга, соединяющая оградительный щит с задней гидростойкой

Она агрегатирована по перекрытиям секций. Перекрытие выполнено жестким с гидравлически управляемым при помощи гидродомкрата козырьком. Оградительный щит в верхней части шарнирно соединен с перекрытием, а в нижней — тягой с нижней частью задней стойки. Крезь комплектуется линейными секциями двух типов (в зависимости от порядка их передвижки). После прохода комбайна и обнажения кровли передвигаются две соседние секции крепи первого типа вместе с задними стойками, а передние стойки наклоняются к забою. Затем аналогичным образом передвигается секция второго типа, находящаяся между секциями первого типа. Вслед за проходом комбайна передвигают забойный конвейер и передние стойки передвинутых секций первого и второго типов. Для питания гидросистемы крепи используются две насосные станции СНУ-5.

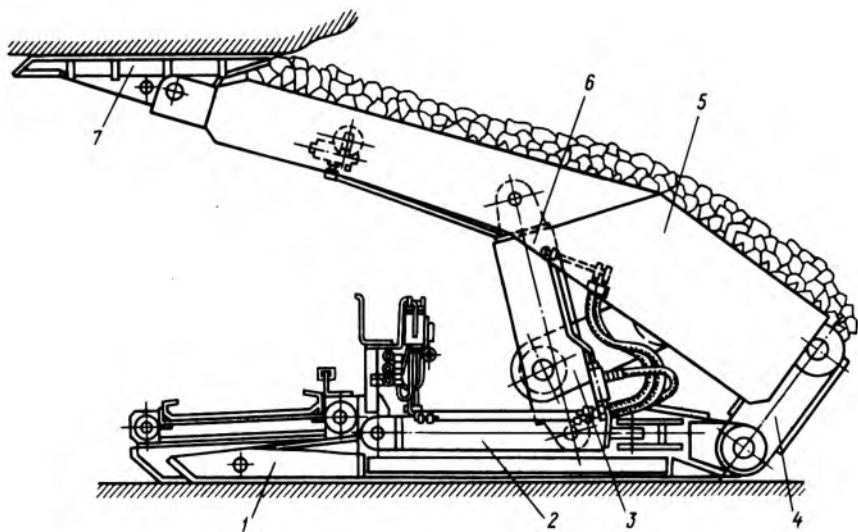


Рис. 13.13. Схема оградительно-поддерживающей крепи ОКП-70:

1 — основание; 2 — гидродомкрат передвижки; 3, 4 — траверсы; 5 — перекрытие; 6 — гидростойка; 7 — козырек

Оградительно-поддерживающие крепи представлены крепями типа ОКП и УКП. Наиболее распространены крепи ОКП-70 (рис. 13.13). Линейная секция крепи ОКП состоит из основания, перекрытия, поддерживающего козырька и гидростойки, соединенных между собой с помощью шарниров и специальных траверс таким образом, чтобы обеспечивалось примерно одинаковое расстояние между забоем и концом козырька при изменении мощности пласта.

Наиболее мощной механизированной крепью, выпускаемой отечественной промышленностью является оградительно-поддерживающая крепь 2УКП, предназначенная для пологих пластов мощностью до 4,5 м. Секция крепи 2УКП (рис. 13.14) состоит из основания, перекрытия, поддерживающего козырька и двух расположенных в ряд гидростоек. Особенность поддерживающего козырька — телескопическое его выдвижение для обеспечения опережающего крепления кровли. Соединение перекрытия с основанием выполнено таким образом, которое позволяет ступенчато изменять раздвижность перекрытия по высоте, защитить рабочее пространство от обрушенных пород в нижней части крепи и гасить высокие динамические нагрузки на перекрытие во время обрушения кровли.

Высокие силовые характеристики крепи, передвижка с активным подпором дают возможность применять крепь 2УКП в лавах на пластах с неустойчивой непосредственной и труднообрушаемой основной кровлями.

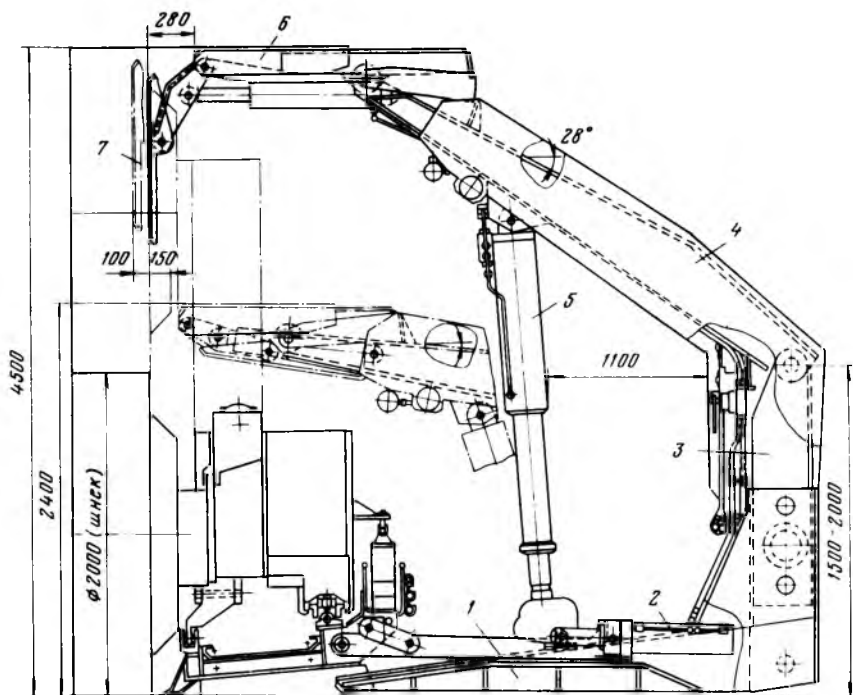


Рис. 13.14. Секция оградительно-поддерживающей крепи 2УКП:

1 — основание; 2 — гидродомкрат передвижки; 3 — опора; 4 — перекрытие; 5 — гидростойка; 6 — козырек; 7 — противоотжимный щиток

Вопросы для самоконтроля

1. Каковы основные элементы призабойной металлической стойки трения?
2. В чем заключается назначение посадочных стоек ОКУМ?
3. В чем особенности гидростоек с внешним и внутренним питанием?
4. Какова технологическая последовательность навески металлических верхняков?
5. Каковы основные элементы механизированной передвижной крепи?
6. Чем отличаются «заряженная» и «незаряженная» схемы передвижки секций механизированной крепи?
7. Какие бывают механизированные передвижные крепи в зависимости от характера взаимодействия с вмещающими породами и способа защиты рабочего пространства от обрушенных пород?
8. Чем отличаются агрегатные механизированные крепи от комплектных?

14. ОЧИСТНЫЕ МЕХАНИЗИРОВАННЫЕ КОМПЛЕКСЫ И АГРЕГАТЫ

14.1. Общие сведения

Очистным механизированным комплексом называется взаимоувязанный набор машин и оборудования, обеспечивающих механизацию всех основных и ряда вспомогательных процессов и операций в очистном забое.

Очистной механизированный комплекс включает следующее оборудование: выемочную машину (комбайн или струг); забойный скребковый конвейер с кабелеукладчиком, предназначенным для перемещения и укладки кабеля и шланга орошения; механизированную крепь; гидрооборудование (насосные станции, блок фильтров, напорные и сливные магистрали, проложенные по штреку и по лаве) и установленный на штреке блок управления крепью и конвейером; электрооборудование (магнитная станция управления и аппаратура, предназначенная для управления электроприводами комплекса, обеспечения освещения, предупредительной сигнализации, громкоговорящей связи, блокировок и необходимых видов защиты); оросительную систему; средства удержания комбайна при работе на пластах с углами падения более 9° .

Очистной агрегат — совокупность кинематически и конструктивно объединенных и взаимоувязанных всеми параметрами горных машин и механизмов, предназначенных для механизации и автоматизации всех работ в очистном забое.

В основном выпускаемые в настоящее время очистные комплексы и агрегаты предназначены для выемки пологих пластов, лишь небольшое их число рассчитано на применение на крутых пластах (табл. 14.1).

14.2. Очистные механизированные комплексы для пологих и наклонных пластов

Из всего многообразия очистных механизированных комплексов для пологих и наклонных пластов кратко опишем наиболее характерные и перспективные — 1К-103, КМТ, МК-75 (МК-75Б), ОКП-70, КМ-130.

Очистной механизированный комплекс 1КМ-103 включает механизированную крепь 1МК-103, узкозахватный комбайн К-103, конвейер СП-202В1, насосную станцию СНТ-32, систему орошения и электрооборудование. Предусмотренные в составе комплекса специальные конструкции (столы) для размещения приводных головок в прилегающих к лаве выемочных выработках устраняют необходимость в предварительном устройстве ниш по концам забоя. Областью применения комплекса 1КМ-103 являются тонкие пласты мощностью 0,7—0,9 м, отрабатываемые по столбовой системе лавами длиной до 170 м. Породы непосредственной кровли ниже средней устойчивости, основной — все, кроме труднообрушаемых. Почва пласта должна допускать давление до 3,5 МПа.

Таблица 14.1

Комплекс или агрегат	Марка или вид выемочной машины	Общая энерго-вооруженность, кВт	Условия применения		
			Мощность пласта, м	Максимальный угол падения пласта, градус, при подвигании лав	
				по про-стиранию	по паде-нию
Полосие и наклонные пласты					
1ОКП-70	1ГШ-68	552	1,9—2,6	30	10
2ОКП-70	КШ-3М	443	2,3—3,5	30	10
2ОКП-70Б	КШ-3М	443	2,2—3,5		
3ОКП-70	2КШ-3	718	2,8—4	30	10
3ОКП-70Б	2КШ-3	718	2,8—4	30	10
4ОКП-70Б	2ГШ-68Б	718	1,6—2,2	30	10
МК-75	1ГШ-68	552	1,6—2,2	35	12
МК-75Б	1ГШ-68	552	1,6—2,2	35	12
КМ-87Э	1ГШ-68	607	1,3—1,9	10	10
	1ГШ-68Е	663	1,3—1,9	10	10
1КМ-88	1К-101У	443	1—1,3	15	10
КМК-97М	1К-101У, К-103	663	0,75—1,25	20	10
2КМ-87УМА	1ГШ-68	607	1,25—1,95	20	10
2КМ-87УМН	1К-101, 2К-52МУ, 1ГШ-68	398—552	1,25—1,95	35	10
1КМ-87УМС	СО-75, СН-75, УСВ-2	546	1,05—1,95	20	8
2КМ-87УМП	1К-101, 1ГШ-68, 2К-52МУ	488—552	1,05—1,95	20	10
1КМ-103	К-103	609	0,7—0,9	35	12
КМТ	1ГШ-68	645	1,1—2	35	10
2МКДМ	1К-101, МК-67М	388—413	0,8—1,2	25	10
КМ-130	КШ-3М, 2КШ-3	515—735	2—4,15	35	10
1УКП	2ГШ-68Б	708	1,2—2,5	35	15
2УКП	2КШ-3	811	2,4—4,5	18	12
Крутые пласты					
КГУ	«Поиск-2», «Темп-1»	500	0,6—1,5	> 35	—
1АНЦМ	Конвейероструг	183	1,2—2,2	—	50—90
1АНЦ	То же	183	0,7—1,3	—	35—90
2АНЦ	»	183	1,05—2,2	—	35—90
АК-3	Кольцевой струго-конвейер	360	1,6—2,5	35—80	—

Очистной механизированный комплекс КД-80 состоит из узкозахватного комбайна КА-80 с вынесенной системой подачи, механизированной крепи «Донбасс-80», скребкового конвейера СПЦ-151, насосной станции СНТ-32, столов для размещения на штреках приводов забойного конвейера. Характеристика кровли такая же, что и для комплекса 1КМ-103. Допустимое давление крепи на почву не более 2 МПа.

Очистной комплекс КМТ включает механизированную крепь 1МТ, узкозахватный комбайн 1К-101У или типа ГШ-68, конвейер СП-87ПМ с зачистным лемехом, два опорных стола для размещения приводов конвейера в примыкающих к лаве выработках, насосные

станции СНТ-32, систему орошения и электрооборудование. Комплекс выпускается двух типоразмеров на вынимаемую мощность 1,1—1,5 м и 1,35—2 м и рассчитан на длину лавы 200 м. Особенность комплекса — возможность применения на пластах с труднообрушаемыми кровлями.

Очистной комплекс МК-75 (МК-75Б) состоит из механизированной крепи МК-75, очистного комбайна типа ГШ-68, конвейера СУМК-75 с кабелеукладчиком, крепи сопряжения лавы со штреками, двух насосных станций СНУ-5, системы орошения и электрооборудования. В комплексе предусмотрена возможность выноса приводных головок конвейера на штрековую секцию крепи сопряжения. Развитое основание крепи обеспечивает давление на почву до 1,1 МПа, что позволяет применять комплекс на пластах со слабыми породами почвы. Комплекс МК-75 используют также на пластах с неустойчивыми кровлями.

Очистной комплекс ОКП-70 включает механизированную крепь типа ОКП-70, узкозахватный комбайн, конвейер СУ-ОКП-70, механизированные крепи сопряжений лавы со штреками, две насосные станции СНУ-5, систему орошения и электрооборудование. Комплекс выпускается четырех типоразмеров, причем один из них (2ОКП-70Б) имеет бесцепную систему подачи. Несмотря на относительно высокое сопротивление стоек крепи, удельное давление на почву не превышает 1,2 МПа. Областью применения комплексов ОКП-70 являются пласты мощностью от 1,6 до 4 м с непосредственной кровлей ниже средней устойчивости и основной средней обрушаемости. Входящие в комплекс механизированные крепи сопряжения обеспечивают механизацию крепления и управления кровлей на сопряжениях лавы с примыкающими выработками, перемещение головного и концевого приводов забойного конвейера.

Очистной механизированный комплекс КМ-130 состоит из механизированной крепи М-130, очистного комбайна, скребкового конвейера СП-301 с кабелеукладчиком и погрузочными лемехами, крепи сопряжения М-81СК, перегружателя, насосных станций СНТ-32, системы орошения и электрооборудования. Выпускаемые четыре типоразмера комплекса охватывают пласты мощностью от 2 до 4,15 м. Высокий коэффициент затяжки кровли позволяет применять комплекс на пластах с неустойчивой непосредственной кровлей, а высокое сопротивление крепи — на пластах с труднообрушаемой основной кровлей.

14.3. Очистные механизированные комплексы и агрегаты для крутых пластов

Очистной механизированный комплекс КГУ предназначен для отработки пластов лавами, подвигаемыми по протиранию. Он состоит из механизированной крепи КГУ-Д с дистанционно-автоматизированным управлением, комбайна «Поиск-2» или «Темп-1А» с лебедкой подачи 1ЛГКН, насосной станции СНУ-5, системы управления, энергооборудования. Крепь комплекса состоит из однотипных двухстоеч-

ных линейных секций. Все секции связаны по падению пласта гидравлическими штангами и попарно гидродомкратами передвижки.

Выемка угля в очистном забое осуществляется при движении комбайна снизу вверх. Ширина вынимаемой полосы 0,9 м. Одновременно с работой комбайна может осуществляться передвижка крепи. Однако в практике она производится после спуска комбайна в нижнюю часть лавы.

Очистной механизированный комплекс КПК-1М также предназначен для отработки крутых пластов лавами, подвигаемыми по простиранию. Комплекс включает крепь КПК-1М, узкозахватный комбайн 2К-52, у которого механизмом подачи служит лебедка 1ЛГКН, крепи сопряжения лавы с вентиляционным и конвейерным штреками, перегружатель 1КСП-2, насосную станцию СНУ-5, систему орошения, электрооборудование и аппаратуру дистанционного и автоматизированного управления. Удержание крепи от сползания и устойчивость секций от опрокидывания обеспечиваются кинематической связью секций с базовой балкой в единую систему.

Выемка угля комбайном производится снизу вверх. Одновременно с выемкой непосредственно за комбайном осуществляют последовательную передвижку секций крепи, а после перегона комбайна в исходное положение — передвижку базовой балки. Перед началом выемки очередной полосы передвигаются крепи сопряжения.

Щитовые агрегаты 1АЩМ, 1АНЩ и 2АНЩ предусматривают отработку пластов полосами по падению. В состав агрегатов входят конвейероструг, механизированная крепь, насосная станция СНУ-5 или СНУ-5П, гидрооборудование. В зависимости от условий агрегаты работают на электро- или пневмоэнергии.

Агрегаты 1АЩМ и типа АНЩ отличаются конструкцией применяемых крепей. В агрегате АЩМ крепь состоит из отдельных шарнирно связанных между собой у почвы секций, в агрегатах типа АНЩ — из основных и вспомогательных секций, чередующихся через одну (рис. 14.1). Крепь агрегата АЩМ передвигается после снятия распора с секций под действием собственного веса и веса обрушенных пород фронтально по всему забою. Передвижка крепи в агрегате АНЩ осуществляется в два этапа. На первом этапе перемещаются вспомогательные секции, которые гидродомкратами подтягиваются к конвейеростругу. После распора передвинутых вспомогательных секций передвигаются основные секции (второй этап).

Очистной фронтальный агрегат АК-3, обеспечивающий механизацию всех производственных процессов в очистном забое без постоянного присутствия людей, предназначен для отработки пластов лавами, подвигаемыми по простиранию.

Агрегат АК-3 состоит из механизированной крепи, отбойно-доставочного исполнительного органа, крепей сопряжения лавы со штреками, энергопоезда с тремя насосными станциями СНУ-5, системы орошения, пульта управления и людского подъемника. Агрегат в процессе работы непрерывно передвигается к забою, выполняя повторяющиеся операции

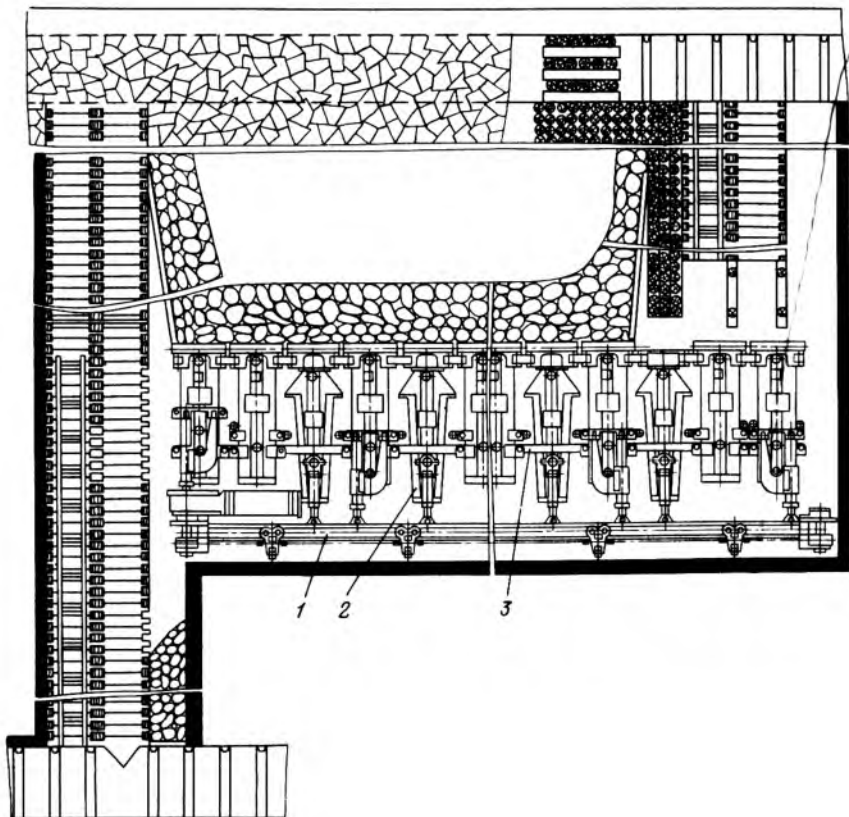


Рис. 14.1. Щитовой агрегат 1АНЩ:

1 — конвейероструг; 2 — механизированная крепи; 3 — связь основных секций крепи

и обеспечивая непрерывную выемку угля, крепление забоя и управление кровлей. Управление всеми операциями дистанционное с пульта, расположенного в конвейерном штреке.

Основные работы выполняются в следующем порядке. Став агрегата подается на забой вместе с исполнительным органом. По мере подачи производится групповая фронтальная передвижка крепи. После нескольких циклов передвижки крепи осуществляется настройка агрегата и программируется ход каретки с резцами путем изменения продольного профиля направляющих кареток. Тем самым корректируется ход резцов по гипсометрии и мощности пласта.

Вопросы для самоконтроля

1. В чем заключается назначение очистных механизированных комплексов и агрегатов?

2. Какое оборудование входит в состав очистного механизированного комплекса?

3. В чем заключается принципиальное отличие очистного агрегата от очистного механизированного комплекса?

4. Какие очистные агрегаты применяются при отработке крутых пластов?

15. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ В ОЧИСТНЫХ ЗАБОЯХ

15.1. Лавы с индивидуальной крепью

Очистные работы в лавах с индивидуальной крепью включают следующие процессы: отбойку угля, погрузку и доставку угля в очистном забое, передвижку забойного конвейера, крепление забоя и управление кровлей, концевые операции. Технологические схемы очистных работ весьма многообразны, что определяется особенностями применяемых средств механизации, организацией выполнения процессов и операций, горно-геологическими условиями разрабатываемых пластов.

Отбойка угля осуществляется отбойными молотками, буровзрывным способом, буровзрывным способом с предварительной зарубкой угольного пласта врубовой машиной, угольным комбайном (узкозахватным или широкозахватным), стругом или струей воды высокого напора (гидроотбойка).

При отбойке угля отбойными молотками горнорабочие, как правило, работают попарно (на пологих пластах) или поодиночке (на крутых пластах). Каждой паре или одному горнорабочему отводится свой участок лавы («пай») с таким расчетом, чтобы к концу смены уголь по всей лаве был отбит на положенную глубину и погружен на конвейер или в вагонетки, а обнаженная площадь закреплена.

Отбойка угля отбойным молотком начинается с производства вруба — места внедрения в пласт в верхней части отведенного участка лавы. Зарубившись, начинают вести отбойку угля вниз по падению, используя кливаж и трещины отжима. По мере обнажения кровли устанавливают призабойную крепь.

В лавах на пологих пластах уголь грузится на конвейер вручную. Пока все рабочие не закончат зарубку и существует опасность травмирования их работающим конвейером, находящимся у забоя, его не включают, грузя уголь на остановленный конвейер. Временное включение конвейера производится с соблюдением необходимых мер предосторожности.

Отбойка угля буровзрывным способом ведется по специальным паспортам в соответствии с требованиями Единых правил безопасности при взрывных работах. В намеченной к выемке части очистного забоя ручными электросверлами бурят шпур, заряжают их и взрывают заряды. Во избежание повреждения крепи за один прием взрывают заряды в минимальном числе шпуров. Крепь, выбитая при взрыве, немедленно восстанавливается. В лавах на пологих пластах при взрывании часть

отбитого угля попадает на забойный конвейер (взрывонавалка), остальная же его часть грузится на конвейер вручную. На крутых пластах отбитый уголь скатывается в нижнюю часть лавы и немедленно отгружается, иначе он может засыпать нижний выход из лавы.

Наиболее распространена отбойка угля комбайнами и стругами с одновременной погрузкой его на забойный конвейер.

Широкозахватные комбайны начинают выемку полосы угля из ниши длиной до 8 м, двигаясь вдоль забоя по закрепленной машинной дороге. Забойный конвейер — разборный, располагается на второй от забоя дороге. При подходе комбайна стойки крепи, установленные непосредственно у забоя, выбиваются, а после прохода комбайна устанавливаются вновь. Вслед за комбайном ведутся зачистка почвы и крепление лавы.

Узкозахватные комбайны передвигаются по раме забойного конвейера, установленного вплотную к забою. На пластах с углами падения свыше 9° комбайны, работающие с рамы забойного конвейера, и более 20° выемочные машины, работающие с почвы пласта, должны удерживаться предохранительными лебедками и другими приспособлениями, исключающими их самопроизвольное сползание.

Очистные забои крепят металлическими стойками и верхняками с деревянной затяжкой или полностью деревом (стойка, верхняк и затяжка). Деревянная крепь применяется на крутых пластах и на пологих и наклонных пластах в сложных горно-геологических условиях. В остальных случаях должна использоваться металлическая, преимущественно с гидравлическими стойками, крепь. В любой лаве с индивидуальной крепью ширина рабочего пространства (от забоя до линии посадочной крепи) должна состоять не менее чем из двух закрепленных полос. Одна из них шириной в свету не менее 0,7 м предназначается для свободного прохода людей вдоль очистного забоя.

При выемке угля узкозахватными комбайнами и стругами кровля над конвейером поддерживается консольными металлическими шарнирными верхняками. Сразу за проходом комбайна передвигают к забою лавный конвейер, устанавливают под консольные верхняки металлические стойки и навешивают новые верхняки.

При управлении кровлей полным обрушением в очистных забоях с комбайновой или струговой выемкой и индивидуальной крепью в качестве специальной крепи применяют посадочные стойки типа ОКУМ. Посадка кровли производится в ремонтно-подготовительную смену. Перед посадкой ширина бесстоечного призабойного пространства должна быть минимальной.

Посадка кровли в лаве ведется последовательно в одном направлении — снизу вверх или сверху вниз (если угол падения пласта не превышает 15°). Категорически запрещается производить переноску посадочной крепи и посадку кровли, начиная от сопряжения со штреками и заканчивая в средней части лавы. Возможность производства в лаве других работ одновременно с посадкой лавы устанавливается паспортом крепления и управления кровлей в соответствии с требованиями правил безопасности. Если не произошло естественного обрушения кровли при

снятии крепи, то необходимо произвести ее принудительное обрушение. Мероприятия по принудительному обрушению кровли утверждаются главным инженером шахты. До обрушения кровли работы в очистном забое полностью прекращаются.

Сопряжения очистного забоя со штреками крепятся специальными инвентарными крепями сопряжений.

Доставка в лавах с индивидуальной крепью осуществляется скребковыми конвейерами, самотеком по металлическим желобам (листам, решатам), самотеком по почве, скреперостругами, конвейеростругами, потоком воды.

При отбойке угля широкозахватными комбайнами, буровзрывным способом или отбойными молотками используют разборные переносные скребковые конвейеры СК-38 (с консольными скребками), С-53МУ, С-50 и СР-70М.

В комплексе с узкозахватными комбайнами работают передвижные изгибающиеся конвейеры. Передвижка таких конвейеров производится гидродомкратами, расположенными через 3—4 м по длине става, сразу же за проходом комбайна или струга.

Большинство вспомогательных процессов и операций (передвижка станции управления, укорачивание коммуникаций, проверка и замена питающихся кабелей, замена смазки и т. п.) осуществляется в ремонтно-подготовительную смену.

Организация работ в очистном забое, оборудованном узкозахватным комбайном и индивидуальной крепью, представлена на рис. 15.1. Работы в очистном забое должны выполняться по специальному проекту, в котором на основании детальных расчетов подробно описываются порядок выполнения каждого рабочего процесса и операции, местонахождение и действия занятых в производственных процессах людей в течение всей рабочей смены.

15.2. Лавы, оборудованные механизированными комплексами

Отработка угольных пластов с применением механизированных комплексов и агрегатов ведется по предварительно разрабатываемым проектам, в состав которых входит раздел об организации производства и труда.

В зависимости от горнотехнических условий, уровня механизации, выгрузки на очистной забой и объема ремонтно-подготовительных работ возможны следующие суточные режимы работы комплексно-механизированных очистных забоев:

для шахт с особо вредными и тяжелыми условиями труда — три 6-часовые смены по добыче угля и одна 6-часовая ремонтно-подготовительная смена;

для шахт, разрабатывающих пласты, опасные по внезапным выбросам угля, газа и породы — четыре 6-часовые смены, из которых две по добыче угля, одна ремонтно-подготовительная и одна для осуществления мероприятий по борьбе с внезапными выбросами;

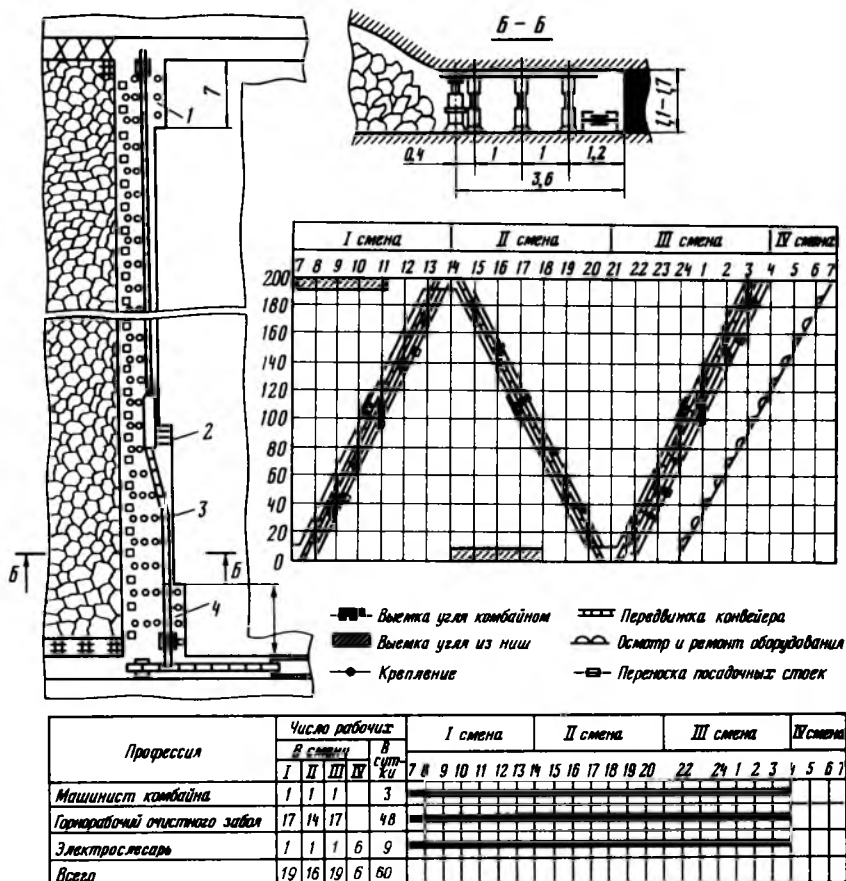


Рис. 15.1. График организации работ в лаве, оборудованной узкозахватным комбайном и индивидуальной крепью:

1 — верхняя ниша; 2 — узкозахватный комбайн; 3 — передвижной изгибающийся конвейер; 4 — нижняя ниша

для остальных шахт — три 7-часовые смены, из которых две по добыче угля и одна ремонтно-подготовительная.

Наиболее распространенный режим работы — три добычные и одна ремонтно-подготовительная смены продолжительностью по 6 ч каждая. Расстановка членов звена в процессе работы в различные периоды технического цикла приведена на рис. 15.2.

Технологический цикл в лаве начинается с зарубки комбайна в пласт, которая производится от конвейерного штрека после передвижки лавного конвейера. На этом процессе заняты машинист комбайна и горнорабочий очистного забоя, следящий за исполнительным органом.

После зарубки начинается выемка полосы угля комбайном, в которой

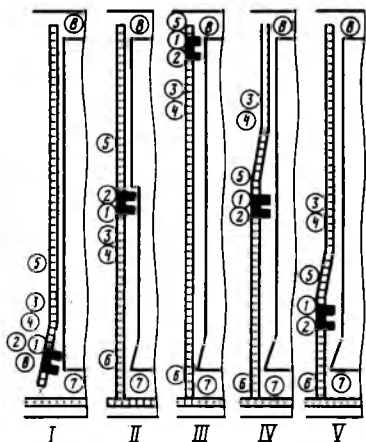


Рис. 15.2. Расстановка рабочих в лаве, оборудованной механизированным комплексом, на различных стадиях работы I -- V:

цифры в кружках — номера рабочих

участвуют машинист и горнорабочий очистного забоя, наблюдающий за правильным положением силового кабеля и шлангов системы орошения.

Передвижку крепи производят, как правило, двое горнорабочих вслед за проходом комбайна. В зависимости от конструктивного исполнения крепи и гидравлической системы секции крепи передвигают с предварительным подпором кровли или с полной потерей контакта перекрытия секции крепи с кровлей. Передвижка секций крепи выполняется в следующей последовательности: снимается нагрузка со стоек с опусканием перекрытия на 2—5 см; подтягиваются секции к забойному конвейеру на расстояние, равное половине хода домкрата передвижки; окончательно подтягиваются секции крепи к конвейеру с одновременным распором. Передвижка секции крепи заканчивается после полного исчерпания свободного хода домкрата передвижки. При этом между козырьком крепи и забоем должен оставаться свободный зазор шириной около 15 см для прохода исполнительного органа комбайна. После окончания передвижки секции все рукоятки управления гидросистемой крепи устанавливаются в нейтральное положение.

Закончив выемку очередной полосы угля, машинист комбайна останавливает машину и проверяет ее техническое состояние. После этого он устанавливает исполнительный орган в положение для зачистки почвы, которая осуществляется при перегоне комбайна в исходное положение. Указанная операция выполняется машинистом совместно с горнорабочим, следящим за питающим кабелем и шлангами орошения. В случае необходимости оставшийся на почве уголь грузится на забойный конвейер вручную.

С некоторым отставанием от комбайна, работающего по зачистке почвы, двое горнорабочих участками передвигают забойный конвейер. Один из них на первом от вентиляционного штрека участке конвейерного става переключает рукоятки гидрораспределителей в положение «На передвижку», в это время второй на следующем по порядку участке

конвейерного става переключает рукоятки гидрораспределителей в положение «На слив». После этого первый горнорабочий с ближайшего лавного блока включает насосную станцию и передвигает став конвейера на первом участке, второй же наблюдает за передвижкой, регулируя прямолинейность конвейера путем дополнительного включения или отключения домкратов. После передвижки первого участка конвейерного става рукоятки гидрораспределителей устанавливаются в нейтральное положение и оба горнорабочих перемещаются — первый на участок № 2, а второй на третий участок конвейерного става. Затем цикл работ повторяется.

На конечных участках лавы передвигают крепи сопряжений (при наличии их). На вентиляционном штреке передвижка выполняется одним горнорабочим, а на конвейерном штреке — двумя горнорабочими. По окончании зарубки комбайна заканчивают передвижку конечного участка конвейера и его приводной станции, а затем передвигают секции крепи на этом участке лавы.

15.3. Параметры очистного забоя

Продолжительность цикла по выемке полосы угля по всей длине лавы (мин)

$$T_{\text{ц}} = t_{\text{к о}} + t_{\text{в}} + t_{\text{з}} + t_{\text{т п}} + t'_{\text{в}},$$

где $t_{\text{к о}}$ — продолжительность конечных операций, мин; $t_{\text{в}}$ — длительность выемки одной полосы угля, мин; $t_{\text{з}}$ — продолжительность замены зубков комбайна, мин; $t_{\text{т п}}$ — длительность технологических простоев, связанных с остановками комбайна из-за необходимости выполнения других операций, мин; $t'_{\text{в}}$ — затраты времени на различного рода вспомогательные операции, мин.

Значения входящих в формулу величин определяются путем специальных хронометражных наблюдений за операциями и процессами выемочного цикла.

Возможное число выемочных циклов, выполняемых в течение смены,

$$n_{\text{ц}} = (T_{\text{см}} - t_{\text{п з}}) / (t_{\text{к о}} + t_{\text{в}} + t_{\text{з}} + t_{\text{т п}} + t'_{\text{в}}),$$

где $T_{\text{см}}$ — продолжительность смены, мин; $t_{\text{п з}}$ — продолжительность подготовительно-заключительных операций в смену, мин.

При односторонней схеме работы узкозахватного комбайна длину лавы (м) можно определить по формуле

$$l = ([(T_{\text{см}} - t_{\text{п з}}) - t_{\text{к о}} n_{\text{ц}}] K_{\text{н}} / (1/v_{\text{р}} + 1/v_{\text{м}} + t'_{\text{з}} FZ + t'_{\text{в}}) n_{\text{ц}}) + t_{\text{п з}},$$

где $K_{\text{н}}$ — коэффициент эксплуатационной надежности комбайна; $v_{\text{р}}$ — рабочая скорость подачи комбайна, м/мин; $v_{\text{м}}$ — маневровая скорость подачи комбайна, м/мин; $t'_{\text{з}}$ — время на замену одного зубка, мин; F — площадь торца вынимаемой полосы угля, м²; Z — расход зубков

на 1 м^3 отбитого угля, шт.; $l''_в$ — удельные затраты времени на вспомогательные операции, мин/м; $\sum l_n$ — суммарная длина ниш, м.

Максимальная нагрузка на очистной забой определяется производительностью выемочной машины и условиями вентиляции. Поэтому определение нагрузки на очистной забой производится в два этапа. Первоначально устанавливается нагрузка на забой исходя из возможностей выемочной машины, а затем полученное значение проверяется по условиям проветривания.

При челноковой схеме работы узкозахватного комбайна нагрузка на забой (т/сут)

$$A_{\text{сут}} = [(T_{\text{см}} - t_{0.3}) n_{\text{см}} - t_{\text{к}} n_{\text{ц}}] K_n r n_{\text{ц}} m \rho / (1/v_p + t_n),$$

где $n_{\text{см}}$ — число рабочих смен по добыче угля в сутки; r — ширина захвата комбайна, м; m — вынимаемая мощность пласта, м; ρ — плотность угля, т/м³.

Допустимая нагрузка на очистной забой по газовому фактору определяется из условия, что концентрация метана в исходящей струе не превышает допустимых норм, и зависит от газообильности участка и применяемой схемы проветривания. Для того чтобы его соблюсти, необходимо подавать соответствующее количество воздуха (м³/с), которое определяется по формуле

$$Q_{\text{вч}} = A_{\text{сут}} q_{\text{вч}} k_n 100 / 24 \cdot 60 \cdot 60 d,$$

где $q_{\text{вч}}$ — относительная газообильность участка, м³/т; k_n — коэффициент неравномерности газовыделения ($k_n = 1,4$); d — допустимое содержание метана в исходящей из очистного забоя струе воздуха, %.

Скорость движения воздуха по рабочему пространству лавы ограничена Правилами безопасности. С учетом этого количество воздуха (м³/с), которое можно подать в очистной забой,

$$Q_{\text{д}} = m b c' v k_{0.3},$$

где b — ширина призабойного пространства, м; c' — коэффициент стеснения призабойного пространства из-за наличия крепи, оборудования, $c' = 0,8 \div 0,9$; v — допустимая скорость движения воздуха, м/с; $k_{0.3}$ — коэффициент, учитывающий движение воздуха по выработанному пространству и принимаемый в зависимости от способа управления кровлей равным 1,05—1,3.

Приравнивая правые части формул для определения количества воздуха, необходимого для разжижения газа, и предельно допустимой скорости движения воздушной струи, находим, что допустимая по газовому фактору нагрузка на очистной забой (т/сут)

$$A_{\text{сут}} = 864 m b c' v k_{0.3} d / q_{\text{вч}} k_n.$$

Полученная формула справедлива для наиболее распространенной столбовой системы разработки при возвратноточной схеме проветривания, когда весь выделяющийся на участке газ поступает в исходящую из лавы струю воздуха, т. е. $q_{\text{д}} = q_{\text{вч}}$.

При применении дегазации относительную метанообильность участка или лавы ($\text{м}^3/\text{т}$) определяют по формуле

$$q_{\text{уч}} = (1 - c_1) q_{\text{пл}} + c(1 - c_2) q_{\text{в.п.}},$$

где c_1 и c_2 — соответственно коэффициенты эффективности дегазации разрабатываемого пласта и выработанного пространства; $q_{\text{пл}}$ и $q_{\text{в.п.}}$ — относительная газообильность пласта и выработанного пространства, $\text{м}^3/\text{т}$; c — коэффициент, учитывающий поступление метана из выработанного пространства в призабойное ($c \approx 0,2$).

Вопросы для самоконтроля

1. Какие основные производственные процессы характерны для лав с индивидуальной крепью?
2. Какова последовательность выполнения производственных процессов в лаве, оборудованной механизированным комплексом?
3. Какова последовательность расчетов по определению нагрузки на очистной забой?

Часть V

ОТКРЫТАЯ РАЗРАБОТКА УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

16. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ

16.1 Общие сведения

На долю открытых горных работ в конце XII пятилетки пришлось примерно 41 % общего объема добываемого в стране угля, причем предусматривается дальнейший рост их удельного веса.

Открытые горные работы — комплекс работ, осуществляемых для добычи полезных ископаемых непосредственно с поверхности. Совокупность горных выработок, служащих для разработки полезного ископаемого открытым способом, называют *карьером*. Карьером называют также горное предприятие, осуществляющее разработку месторождения открытым способом. В угольной промышленности вместо названия «карьер» для обозначения предприятий по добыче угля открытым способом используется термин «*разрез*».

Месторождение или его часть, разрабатываемая одним карьером, называют карьерным полем. Современные карьеры имеют объем выработанного пространства в сотни миллионов кубометров и достигают глу-

бины нескольких сотен метров. Вынутые и перемещенные горные породы, покрывающие или вмещающие полезное ископаемое, называются вскрышными породами или просто вскрышей. Объем вскрыши во много раз превышает объем добываемого полезного ископаемого.

Количественная оценка перемещаемых объемов вскрышных пород производится с помощью специального показателя — коэффициента вскрыши. Коэффициент вскрыши показывает, какое количество единиц вскрыши необходимо переместить для добычи единицы полезного ископаемого. Коэффициент вскрыши может измеряться в т/т, $\text{м}^3/\text{м}^3$ и $\text{м}^3/\text{т}$.

Ступенчатую поверхность, ограничивающую карьер с боков, называют бортом, а поверхность, ограничивающая карьер снизу, — подошвой. Контур карьера — линия пересечения борта карьера с земной поверхностью. Глубиной карьера называется вертикальное расстояние между подошвой карьера и усредненной отметкой земной поверхности.

Объем горной массы, конечная глубина, размеры по подошве, запасы полезного ископаемого, объем вскрыши, площадь по контуру являются главными параметрами карьера.

При разработке угольных месторождений открытым способом вскрышные породы и уголь вынимаются горизонтальными слоями. Часть толщи горных пород в карьере, имеющая рабочую поверхность в форме ступени и разрабатываемая самостоятельными средствами рыхления, выемки и перемещения, называют уступом. После выемки вскрышных пород начинают разработку уступами угольного пласта. Выемку угля в зависимости от мощности пласта можно вести одним или несколькими уступами. Расстояние между вскрышными и угольными уступами — опережение вскрыши.

Основными элементами уступа являются площадка, откос, бровка (рис. 16.1).

Площадкой уступа называют горизонтальную поверхность, ограничивающую уступ по высоте. Различают нижнюю и верхнюю площадки уступа. Площадки уступов делятся на рабочие и нерабочие. Площадки, на которых установлено оборудование, рабочие, а свободные от оборудования — нерабочие. Наклонную поверхность уступа называют откосом. Угол α между откосом уступа и горизонтальной плоскостью — угол откоса уступа. Линии пересечения

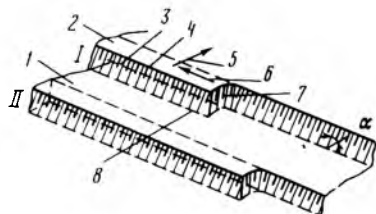


Рис. 16.1. Основные элементы уступа:

1, 2 — соответственно нижняя и верхняя площадки уступа; 3 — откос; 4, 8 — соответственно верхняя и нижняя бровки; 5 — направление подвигания фронта работ; 6 — направление подвигания забоя уступа; 7 — забой уступа; α — угол откоса уступа; I, II — соответственно верхний и нижний уступ

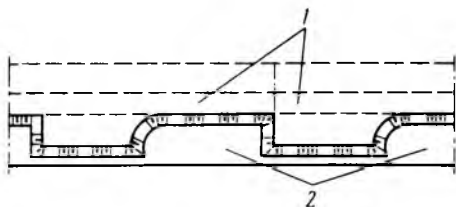


Рис. 16.2. Деление уступа на блоки:
1 — блоки; 2 — заходки

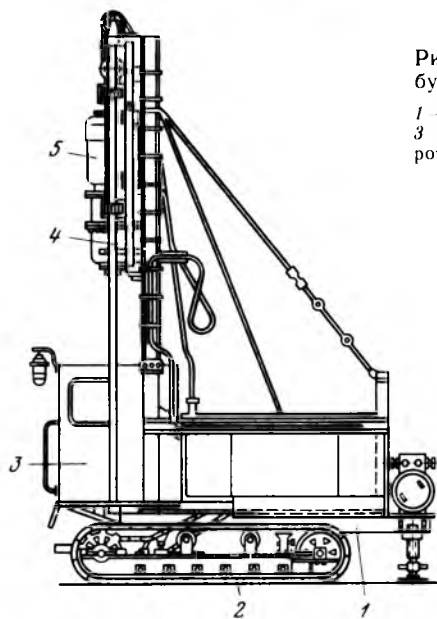


Рис. 16.3. Схема станка вращательного бурения типа СБШ (СБР):

1 — платформа; 2 — гусеничная ходовая часть;
3 — кабина с пультом управления; 4 — поворотный редуктор; 5 — электрооборудование

откоса с верхней и нижней площадками являются соответственно верхней и нижней бровками уступа.

Выемка в уступе может производиться по фронту (фронтальная выемка) и заходками. На рис. 16.1 показана фронтальная выемка, когда торец уступа представляет собой его забой. При выемке заходками в уступе большой длины с целью интенсификации работы его делят на блоки (рис. 16.2). Блок — часть уступа с самостоятельным забоем, обслуживаемым своими средствами выемки и погрузки.

Размеры элементов уступа зависят от применяемого оборудования.

В ходе разработки месторождения полезного ископаемого открытым способом можно выделить четыре периода — подготовительный, строительный, эксплуатационный и заключительный. Подготовительный период включает работы по подготовке месторождения, осушению и ограждению его от проникновения вод поверхностного стока.

В состав строительного периода входят работы по созданию начального фронта вскрышных и добычных работ: проходка специальных

горных выработок, удаление определенного объема горной массы из карьера и строительство транспортных коммуникаций.

Эксплуатационный период охватывает горные работы по вскрыше и добыче полезного ископаемого в пределах установленного плана.

К заключительному периоду относятся работы по рекультивации (восстановлению) нарушенных горными работами земель.

Подготовка горных пород к выемке, выемочно-погрузочные работы, перемещение горной массы, отвалообразование вскрышных пород и складирование полезного ископаемого являются производственными процессами, которые определяют характер открытых горных работ. К вспомогательным работам на карьерах относятся передвижка железнодорожных путей и коммуникаций, доставка материалов и запасных частей, зачистка площадок, оборка уступов от кусков породы и др.

Открытые горные работы характеризуются следующими технико-экономическими показателями: годовой мощностью карьера по полезному ископаемому и вскрыше; коэффициентом вскрыши; месячной производительностью труда рабочего по полезному ископаемому; затратами на 1 м³ вскрыши; себестоимостью 1 т полезного ископаемого; капитальными затратами на 1 т (м³) полезного ископаемого; годовой прибылью и рентабельностью.

16.2. Подготовка горных пород к выемке

Способы подготовки горных пород к выемке зависят от типа и состояния пород и предусматривают защиту от промерзания, оттаивание мерзлых пород, гидравлическое ослабление или разупрочнение массива, рыхление горных пород механическим или взрывным способом.

На угольных разрезах наиболее распространены способы подготовки пород к выемке путем буровзрывного и механического рыхления.

Рыхление буровзрывным способом предусматривает планировку площадок уступов, передвижку и установку буровых станков, непосредственное бурение скважин, подготовку компонентов ВВ и их транспортировку, зарядание скважин и взрывание зарядов в них.

Для планировки площадок уступов используются бульдозеры. Скважины бурятся станками вращательного бурения с резцовыми (типа СБР) и шарошечными (типа СБШ) исполнительными органами, ударно-канатного (типа СБК), огневого (типа СБО) бурения. Наибольшее применение на угольных разрезах получили станки типа СБШ и СБР (рис. 16.3).

В качестве взрывчатых веществ на угольных разрезах используются преимущественно простейшие ВВ на основе аммиачной селитры. При больших объемах применения (более 20 т в сутки) они приготавливаются на механизированных комплексах, при незначительных объемах — на месте производства взрывных работ с помощью смесительно-зарядных машин.

Зарядание скважин производится специальными зарядными машинами типа СУЗН, выполненными на шасси автомобиля большой грузо-

подъемности. Из бункера машины в скважину ВВ подают сжатым воздухом, шнеком или под действием собственного веса.

Забойка скважин осуществляется с помощью забоечной машины (типа СУЗН, ЗС и др.) с использованием в качестве материала для забойки песка, отходов обогатительных фабрик или мелкого щебня.

Механическое рыхление пород на карьерах производится с применением навесных рыхлителей, закрепленных на раме базового трактора (мощного или средней мощности).

16.3. Выемка и погрузка горных пород

В ы е м к а и п о г р у з к а г о р н ы х п о р о д — отделение от массива и погрузка мягкой породы или навала предварительно разрыхленной крепкой породы с последующей погрузкой в средства транспорта или непосредственно в отвал. В качестве средств механизации выемочно-погрузочных работ на карьерах используются экскаваторы циклического или непрерывного действия, колесные скреперы, бульдозеры, погрузчики.

Наибольшее распространение на угольных разрезах получили экскаваторы. Э к с к а в а т о р — самоходная машина циклического или непрерывного действия, предназначенная для копания горной массы из забоя и перемещения ее к месту разгрузки. Экскаваторы циклического действия (одноковшовые) последовательно выполняют операции копания и последующего перемещения горной массы в ковше, поворачиваясь вокруг своей оси (рис. 16.4, а — г). Многоковшовые экскаваторы непрерывного действия (цепные, роторные) производят выемку и погрузку горной массы в результате перемещения ковшей по круговой траектории, создавая непрерывный поток груза без поворота машины для разгрузки ковшей (рис. 16.4, д, е).

По способу соединения ковша со стрелой одноковшовые экскаваторы разделяются на две группы: с жесткой (прямая и обратная мехлопата) и с гибкой (драглайн, грейфер) связями, а по типу ходового оборудования — на гусеничные, пневмоколесные и шагающие.

Из экскаваторов с жесткой связью наиболее широко применяется прямая механическая лопата. Этот экскаватор при выемке угля и вскрышных работах устанавливается на нижней площадке уступа. Различают экскаваторы карьерные гусеничные с ковшом вместимостью от 2 до 20 м³ (типа ЭКГ) и вскрышные гусеничные с ковшом вместимостью от 4 до 100 м³ (типа ЭВГ). Последние имеют стрелу и рукоять увеличенной длины и предназначены в основном для перемещения породы в отвал.

Обратная мехлопата при работе располагается на верхней площадке уступа. Ее можно применять при разработке горизонтальных пластов с волнистой кровлей или почвой для удаления вскрышных пород в местах, расположенных ниже рельсовых путей, или на выемке угля в пониженных местах.

Из экскаваторов с канатной связью наиболее широкое применение имеют драглайны. В СССР выпускаются шагающие драглайны типа ЭШ с ковшом вместимостью от 4 до 120 м³ и стрелой длиной до 125 м.

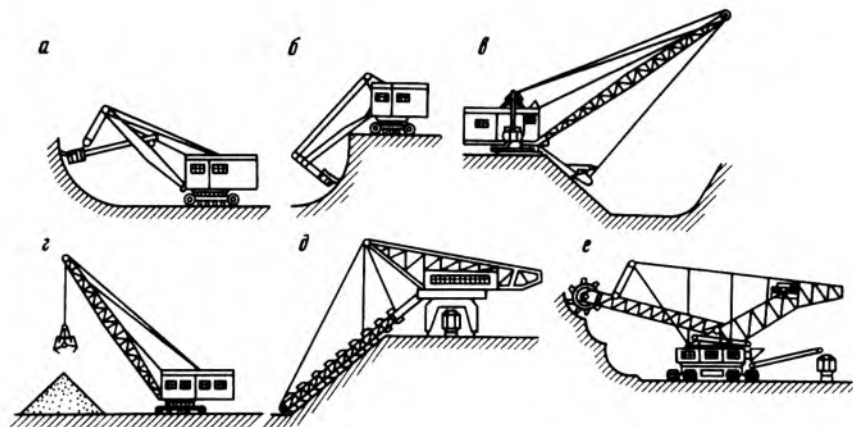


Рис. 16.4. Эскаваторы:

а — прямая лопата; *б* — обратная лопата; *в* — драглайн; *г* — грейфер; *д, е* — соответственно цепной и роторный многоковшовые эскаваторы

Они применяются главным образом на вскрышных работах. С их помощью можно разрабатывать забои, расположенные как ниже, так и выше горизонта установки эскаватора.

В последние годы все более широкое применение находят гидравлические эскаваторы с ковшом емкостью до 20 м^3 , работающие с оборудованием прямой и обратной мехлопаты. Особенность таких эскаваторов — использование гидропривода рабочего оборудования, поворотной платформы и механизма хода. Гидропривод обеспечивает одновременную подвижность стрелы, рукояти и ковша, уменьшение удельной металлоемкости конструкции, большее усилие копания.

У цепных многоковшовых эскаваторов рабочим органом является цепь с размещенными на ней ковшами (см. рис. 9.4, *д*). При движении по забою ковши наполняются породой или углем и перемещаются к верхнему барабану, где разгружаются в бункер. Из бункера горная масса поступает в вагоны или на конвейер. Цепные многоковшовые эскаваторы выпускаются на железнодорожном и гусеничном ходу. Вместимость ковша эскаваторов достигает 4500 л, производительность — 5000 м³/ч.

У роторных эскаваторов ковши жестко закреплены по периметру роторного колеса, вынесенного на конец роторной стрелы. При вращении роторного колеса ковши, срезая стружку угля, заполняются и разгружаются на конвейер, расположенный на стреле эскаватора сбоку от роторного колеса. Роторные эскаваторы характеризуются меньшей энергоемкостью и большими усилиями копания, повышенной надежностью и к. п. д. по сравнению с цепными. Максимальная высота копания не превышает 50 м, а глубина копания — 10 м. Роторная стрела может быть невыемной или выдвигаться на 25—31 м. Механизм передвижения роторных эскаваторов бывает гусеничный, шагающе-рельсовый, рель-

сово-гусеничный. Теоретическая производительность роторных экскаваторов достигает 12 500 м³/ч.

В настоящее время на угольных разрезах страны с помощью роторных экскаваторов обеспечивается почти половина добычи угля открытым способом.

16.4. Транспорт горных пород

Перемещение карьерных грузов является одним из наиболее трудоемких и дорогих процессов в технологии открытой добычи полезных ископаемых. Затраты на собственно транспорт и связанные с ним вспомогательные работы составляют 45—50% общих затрат на добычу, достигая в отдельных случаях 65—70%.

Основными видами транспорта на угольных разрезах являются железнодорожный (локомотивный), автомобильный и конвейерный.

Железнодорожный транспорт отличается значительными объемами горно-капитальных работ, затратами на содержание транспортных коммуникаций и наиболее сложной организацией движения. Поэтому железнодорожный транспорт рекомендуется применять на карьерах с большим годовым грузооборотом (25 млн. т и более) при значительной длине транспортирования (4 км и более). Для железнодорожного транспорта характерны наибольшие радиусы кривых (100—120 м) и минимальные подъемы пути (40—60‰).

Средствами железнодорожного транспорта являются рельсовые пути и подвижной состав.

Железнодорожные (рельсовые) пути на карьерах делят на стационарные, используемые постоянно или в течение длительного времени (пути на поверхности, транспортных бермах и в капитальных траншеях), и временные, периодически перемещаемые вслед за продвижением фронта работ (на уступах и отвалах). Ширина колеи на карьерах равна 1520 мм. Скорость движения на стационарных и временных путях составляет соответственно 30—40 и 15—20 км/ч.

Подвижной состав на карьерах состоит из вагонов и локомотивов. Парк локомотивов, действующий на угольных разрезах СССР, состоит из электровозов, тепловозов и тяговых агрегатов сцепным весом от 1000 до 3720 кН.

Основной тип локомотивов на разрезах — контактные электровозы, отличающиеся высокими к. п. д. и надежностью и простым обслуживанием. Они питаются постоянным электрическим током напряжением 1500 и 3000 В.

Тепловозы, несмотря на высокий к. п. д. и способность преодолевать значительные подъемы, сложны в эксплуатации и ремонте. В связи с этим, а также из-за отсутствия специальных тепловозов, конструкция которых учитывала бы специфические особенности карьерного транспорта, объемы применения тепловозов крайне незначительны.

Тяговые агрегаты, включающие электровоз управления, дизельную секцию и несколько моторных вагонов, устраняют потребность в контактной

сети на передвижных путях и характеризуются значительным сцепным весом. Дизельная секция обеспечивает автономное питание на участках, где отсутствует контактная сеть. Моторные вагоны за счет их повышенного сцепного веса позволяют увеличить полезную массу поезда в 2—2,5 раза по сравнению с электровозами.

Для перевозки угля на разрезах используются вагоны типа «гондола» грузоподъемностью 60—90 т и в небольшом количестве вагоны типа «хоппер» грузоподъемностью 60 т. Разгрузка вагонов обоих типов производится через дно. Груз сыпается по обе стороны пути или между рельсами.

Вскрышные породы перевозят в саморазгружающихся вагонах типа «думпкар» грузоподъемностью от 60 до 180 т с односторонней или двухсторонней разгрузкой. Конструкция думпкаров рассчитана на восприятие значительных динамических нагрузок от падения крупных кусков породы массой 3—5 т с высоты 1,5—3 м (при погрузке экскаваторами).

Для бесперебойной работы железнодорожного транспорта на карьерах необходимо выполнять определенный объем вспомогательных работ. К работам такого рода относятся подготовка трассы железнодорожного пути, укладка и переукладка путей, баллаستировка и ремонт путей, перенос и содержание контактной сети, технический осмотр и ремонт подвижного состава.

Техническое перевооружение карьерного железнодорожного транспорта идет в направлении широкого внедрения тяговых агрегатов ОПЭ, создания думпкаров грузоподъемностью 145 т и однобортного думпкара ВС-170 для работы с экскаваторами с ковшом вместимостью 20 м³.

Автотранспорт на карьерах может быть как единственным видом технологического транспорта, так и применяться в сочетании с другими видами карьерного транспорта (железнодорожным, конвейерным и т. д.). Эффективность автомобильного транспорта зависит от качества и состояния карьерных дорог и подвижного состава.

По условиям эксплуатации автодороги на карьерах делятся на стационарные и временные. Постоянные дороги имеют, как правило, дорожное покрытие. Временные дороги перемещаются вслед за продвижением фронта горных работ и дорожного покрытия не имеют. Состав дорожного покрытия определяет интенсивность движения. В зависимости от интенсивности движения применяют цементобетонное, асфальтобетонное или щебеночное покрытие. Высокое качество дорожного покрытия обеспечивает увеличение срока межремонтного пробега автомобилей, снижение расхода топлива, смазки и срока службы шин.

Подвижной состав карьерного транспорта включает автосамосвалы и полуприцепы. Кузов автосамосвала крепится на раме и разгрузка его производится опрокидыванием назад. Кузов полуприцепа выполнен отдельно от тягача и соединяется с ним специальным прицепным устройством. Полуприцепы могут быть с задней, боковой или донной разгрузкой. Полуприцепы имеют большую, чем автосамосвалы, грузоподъемность, но требуют дорог с небольшими подъемами. По сравнению с автосамосвалами они обладают низкой маневренностью и меньшей удельной мощностью двигателей.

Основным типом самосвалов, применяемых на карьерах, являются автосамосвалы типа БелАЗ грузоподъемностью 27—35 т. В качестве тягачей для полуприцепов используются базовые модели автосамосвалов БелАЗ-540, БелАЗ-548 и БелАЗ-549 с мощностью двигателя соответственно 265, 367 и 770 кВт. Созданы полуприцепы-углевозы большой грузоподъемности (до 120 т) с донной разгрузкой. Ведутся работы по дальнейшему увеличению грузоподъемности углевозов до 300 т.

Вспомогательными работами при применении автомобильного транспорта на карьерах являются строительство и ремонт дорог, обслуживание и ремонт автосамосвалов, очистка кузовов от налипшей горной массы.

При конвейерном транспорте на карьерах наибольшее распространение получили ленточные конвейеры. В мощных стационарных конвейерах используются резинометаллические ленты различной ширины. Ширина ленты зависит от производительности конвейера, размеров кусков транспортируемой горной массы и достигает 3600 мм. Максимально допустимый угол подъема при транспортировании конвейерами составляет 18° , в случае применения специальных устройств (цепи, прижимные сетки и т. п.) он может быть увеличен до $20-22^\circ$.

Конвейерный транспорт применяют для транспортирования угля, а также для перемещения мягких пород во внутренние или внешние отвалы. В последнее время за счет применения более прочных конвейерных лент он все чаще используется для перемещения полускальных и скальных пород, раздробленных на куски крупностью до 1000 мм. Главное достоинство конвейерного транспорта — непрерывность перемещения грузов — в полной степени проявляется при их работе в комплексе с экскаваторами непрерывного действия. Однако трудности эксплуатации конвейеров в условиях отрицательных температур (смерзаемость транспортируемой массы, повышенный износ ленты) и жесткие требования к размерам кусков транспортируемой горной массы снижают эффективность применения этого вида транспорта.

Кроме того, для обеспечения надежной работы конвейерного транспорта необходим большой объем вспомогательных работ, из которых наиболее трудоемка передвижка ленточных конвейеров. Передвижка осуществляется с разборкой и без разборки конвейера на отдельные секции. В первом случае используются подъемные краны, во втором — специальные машины (турнодозеры). Приводные и концевые станции конвейерной линии передвигаются тракторами.

К вспомогательным работам при конвейерном транспорте относятся также очистка конвейерной ленты и барабанов от налипшей горной массы, уборка просыпавшейся горной массы под стоками конвейеров, сращивание или замена конвейерной ленты, планировка площадок под установку конвейерной линии.

16.5. Отвалообразование

Отвалообразование (складирование) вскрышных пород производится на специально отведенных для этих целей площадках, называемых отвалами. Отвалообразование — заключительный процесс в техно-

логической цепи вскрышных работ. В зависимости от места расположения отвала различают внутренние, расположенные в выработанном пространстве, и внешние отвалы, расположенные на специально выделяемых свободных площадках вне контура карьера. Предпочтительнее размещать внешние отвалы на близкорасположенных к карьере площадях, малопригодных для сельскохозяйственного пользования и не содержащих в недрах полезного ископаемого, причем на трассе карьер — отвал не должно быть крутых подъемов и спусков. Кроме того, положение отвалов не должно препятствовать развитию горных работ карьера. В каждом конкретном случае выбор места расположения отвала обосновывается технико-экономическими расчетами.

Технология и средства механизации отвальных работ зависят от вида применяемого транспорта вскрышных пород.

Для складирования пород при железнодорожном транспорте применяются экскаваторы (мехлопаты, драглайны), отвальные плуги, абзетцеры и бульдозеры.

Наиболее распространено отвалообразование экскаваторами при доставке пород в думпкарах. Экскаваторы типа мехлопат применяются при складировании пород любой крепости, драглайны — при складировании мягких и мелкораздробленных пород.

Породу в отвале складировуют уступами. Различают три способа перемещения фронта отвальных работ: параллельный, веерный и криволинейный. Рациональная высота отвального уступа зависит от свойств складироваемых пород и пород основания отвала, рельефа и многих других факторов и составляет на равнине 15—30 м, в гористой местности — 70 м и более.

Отвалообразование с помощью плугов заключается в сбрасывании вниз с отвального откоса породы, разгруженной из думпкаров, и последующей планировке поверхности отвала.

Отвалообразование с помощью абзетцеров включает разгрузку думпкаров в приемную траншею, расположенную на поверхности отвала параллельно верхней бровке отвального уступа, копание породы из траншеи и перемещение ее в отвал, планировку поверхности отвала и передвижку путей. Абзетцер представляет собой полноворотный многоковшовый экскаватор на рельсовом ходу, который имеет разгрузочную консоль, оборудованную ленточным конвейером. Отсыпка отвала осуществляется при движении абзетцера вдоль траншеи.

Бульдозерное отвалообразование применяется главным образом при автомобильном транспорте вскрышных пород. Однако в связи с появлением мощных бульдозеров (200 кВт и более) их стали использовать также для отвалообразования на карьерах с железнодорожным транспортом вскрыши. В условиях равнинной местности высота бульдозерных отвалов зависит от свойств складироваемых пород. Для скальных пород она составляет 30—35 м, для песчаных и глинистых пород — соответственно 15—20 и 10—15 м.

Отвалообразование при конвейерном транспорте вскрышных пород основано на применении консольных ленточных отвалообразователей.

Консольный отвалообразователь представляет собой одноопорную металлическую ферму, смонтированную на поворотной платформе с шагающим или шагающе-рельсовым ходом.

С помощью консольных отвалообразователей осуществляется прием, транспортирование и укладка породы в отвал. При этом отвалообразование включает также работы по планировке поверхности отвала и передвижке ленточных конвейеров. Фронт работ может развиваться как по ленточной, так и по веерной схеме. Высота формируемого отвала составляет 50—70 м для сухих и 35—40 м для влажных рыхлых пород. Применение консольных отвалообразователей в комплексе с экскаваторами непрерывного действия и конвейерной транспортировкой вскрышных пород позволяет осуществить автоматизацию процессов выемки, транспортировки и отвалообразования при вскрышных работах.

Наименьшей экономичностью характеризуется экскаваторное отвалообразование (в связи с большими капитальными затратами на приобретение экскаваторов), наибольшей — бульдозерное отвалообразование. Дальнейшее повышение эффективности бульдозерного отвалообразования связывают с увеличением мощности бульдозеров до 500–700 кВт.

16.6. Рекультивация земель, нарушенных горными работами

Открытая разработка месторождений полезных ископаемых связана с отчуждением значительных земельных площадей, которые в результате ведения горных работ становятся непригодными для использования в народном хозяйстве. Поэтому одной из важнейших задач в области рационального землепользования при открытой разработке является восстановление нарушенных участков земной поверхности, большинство из которых может и должно быть возвращено для использования в народном хозяйстве. При этом природовосстановительные работы должны производиться за счет предприятий, эксплуатирующих месторождения полезных ископаемых.

Восстановление земель, нарушенных горными работами, включает комплекс горных, мелиоративных, гидротехнических и сельскохозяйственных работ, направленных на возвращение природной ценности использованных земель, который называется *рекультивацией*. Различают горнотехническую и биологическую рекультивацию. Горнотехническая рекультивация включает формирование отвалов, выемку, транспортирование и складирование плодородной почвы, профилирование откосов, покрытие отвалов плодородным слоем, проведение мелиоративных и других мероприятий. Комплекс осуществляемых после горнотехнической рекультивации агротехнических мероприятий, обеспечивающих восстановление плодородия нарушенных земель, их озеленение, высаживание лесов, освоение водоемов, называют биологической рекультивацией.

Для механизации всех работ по рекультивации используются скреперы, бульдозеры, экскаваторы и автосамосвалы. Суммарные затраты на рекультивацию складываются из затрат на планировку поверхности отвалов, выполаживание откосов отвалов, снятие и транспортировку

плодородного слоя, планировку плодородного слоя, химическую мелиорацию отвалов, строительство подъездных дорог к рекультивированным участкам. Средние затраты на рекультивацию поверхности отвалов изменяются от 1,09 до 13,3 тыс. руб/га.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое карьер и карьерное поле?
2. Что такое коэффициент вскрыши?
3. Что такое уступ и каковы его основные элементы?
4. На какие основные периоды делится разработка месторождения открытым способом?
5. Каковы наиболее распространенные способы подготовки пород к выемке?
6. В чем отличие экскаваторов цикличного и непрерывного действия?
7. Каковы условия применения экскаваторов прямой и обратной мехлопаты?
8. В чем заключается назначение экскаваторов с канатной связью при разработке месторождений открытым способом?
9. Каковы достоинства гидравлических экскаваторов?
10. Какие основные виды транспорта применяются на угольных разрезах?
11. Какое оборудование используется для механизации отвальных работ?
12. В чем сущность горнотехнической и биологической рекультивации?

17. ВСКРЫТИЕ, ПОДГОТОВКА КАРЬЕРНЫХ ПОЛЕЙ И СИСТЕМЫ РАЗРАБОТКИ

17.1. Вскрытие и подготовка карьерного поля

Вскрытием карьерного поля называют проходку капитальных горных выработок, обеспечивающих доступ с поверхности к рабочим горизонтам карьера, *подготовкой карьерного поля* — проведение разрезных траншей, обеспечивающих образование уступов.

Вскрытие рабочих горизонтов карьеров осуществляется при помощи открытых горных выработок; иногда для вскрытия используются подземные горные выработки или их комбинации с открытыми. Наиболее распространенными вскрывающими горными выработками являются капитальные наклонные и крутые траншеи. В зависимости от рельефа поверхности капитальная траншея может иметь форму поперечного сечения в виде трапеции или неправильного четырехугольника. Продольный уклон траншеи устанавливается в зависимости от вида карьерного транспорта. При железнодорожном транспорте с тепловозной и электровозной тягой уклон принимается равным соответственно 20—30 и 30—40‰, при автомобильном транспорте — 60—100‰, при конвейерном транспорте — до 17—19°, при скиповом подъеме — от 19 до 90°.

Капитальные траншеи могут быть внешними и внутренними. Внешние капитальные траншеи проходят за пределами контура карьера. Вскрытие с помощью внешних капитальных траншей применяется при разработке горизонтальных и пологих пластов, залегающих на небольшой глубине. В местах пересечения наклонной капитальной траншеи с рабочими

горизонтами устраивают съезды. Внешние наклонные траншеи можно использовать для вскрытия верхних горизонтов карьеров при разработке наклонных и крутых пластов.

Внутренние наклонные траншеи проводят на бортах карьера. Такое расположение траншей требует меньшего объема земляных работ.

В зависимости от мощности карьера и размеров карьерного поля может быть одна или несколько капитальных траншей. Трассы капитальных траншей в плане разделяются на простые и сложные. Сложные трассы состоят из нескольких участков, имеющих разное направление. Формы трассы капитальных траншей разделяют на тупиковую, петлевую, спиральную и комбинированную. Выбор формы трассы определяется условиями залегания полезного ископаемого, рельефом поверхности, размерами карьерного поля и видом карьерного транспорта. Тупиковая форма трассы применяется при железнодорожном транспорте, а петлевая — при автомобильном. Капитальные траншеи внешнего заложения всегда имеют простую форму трассы.

Продолжением капитальных траншей служат разрезные траншеи для подготовки уступов. Уклоны разрезных траншей принимают равными 0,003—0,005 для обеспечения стока воды.

Траншеи проводят с использованием экскаваторов типа прямая механическая лопата (при необходимости с применением драглайна) и одним из видов карьерного транспорта. Различают транспортный и бестранспортный способ проходки траншей. В первом случае вынимаемые породы транспортируются на значительное расстояние железнодорожным, автомобильным или конвейерным транспортом, во втором они складываются экскаватором на борту проходимой траншеи. Бестранспортный способ проходки капитальных траншей значительно экономичнее, чем транспортный, однако область его применения ограничена проходкой капитальных траншей внешнего заложения и траншей внутреннего заложения на верхних границах карьерного поля.

В некоторых случаях при проходке траншей используются взрывы на выброс, средства гидромеханизации и колесные скреперы.

Работы по проходке капитальных и разрезных траншей ведутся как при строительстве карьера, так и в ходе его эксплуатации. Проходка траншей в период строительства входит в объем горно-капитальных работ. После окончания проходки капитальных траншей целесообразно использовать экскаваторы на последующих эксплуатационных работах.

Режим горных работ — это установленная проектом последовательность выполнения объемов вскрышных и добычных работ во времени за период существования карьера. Возможно табличное и графическое представление режима горных работ карьера. В результате исследования режима горных работ строится график изменения извлекаемых объемов полезного ископаемого и вскрышных пород во времени, характеризующий работу карьера (объем вскрыши и полезного ископаемого, скорость подвигания фронта работ, темп углубки, протяженность фронта работ, коэффициент вскрыши и т. п.).

17.2. Система открытой разработки

Системой открытой разработки называют определенный порядок ведения подготовительных, вскрышных и добычных работ, обеспечивающий безопасную, экономичную и полную выемку запасов полезного ископаемого. Необходимым требованием к системам разработки является обеспечение мероприятий по охране окружающей среды.

Элементами системы разработки являются уступы, фронт работ уступа, фронт работы карьера, рабочая зона карьера, рабочие площадки, транспортные и предохранительные бермы.

Фронт работ уступа — часть уступа по длине, подготовленная для производства горных работ. Суммарный фронт работ отдельных уступов составляет **фронт работ карьера**. Различают вскрышной и добычной фронты работы карьера.

Скорость подвигания фронта работ зависит от производительности оборудования, мощности пласта, производственной мощности карьера и других факторов и изменяется в пределах 30–250 м в год. Обычно годовая скорость подвигания фронта работ составляет 70–140 м.

Рабочая зона карьера охватывает находящиеся в работе вскрышные и добычные уступы. Рабочая зона карьера представляет собой постоянно перемещающуюся и изменяющуюся по форме поверхность, в пределах которой ведутся работы по подготовке и выемке горной массы. Границами рабочей зоны могут являться или один, или несколько, или все борта карьера. При разработке горизонтальных и пологих пластов размеры рабочей зоны относительно постоянны, тогда как при разработке наклонных и крутых пластов они уменьшаются.

Характерным признаком для угольных карьеров является направление перемещения фронта работ уступа, которое может быть параллельным, радиальным и веерным (рис. 17.1).

При параллельном перемещении фронт работы уступа может подвигаться параллельно длинной (см. рис. 17.1, а) и короткой (см. рис. 17.1, б) оси карьерного поля. Такое перемещение применяется при разработке горизонтальных и пологих пластов на карьерных полях значительных размеров.

Радиальное перемещение (см. рис. 17.1, в) предполагает концентрическое или серповидное расположение фронта работ карьера. Оно находит применение при разработке крутых и наклонных пластов на карьерных полях небольших размеров.

Веерное перемещение фронта (см. рис. 17.1, г) предполагает отработку уступов заходками переменной ширины или заходками постоянной ширины при разном их числе на отдельных участках.

Из классификаций систем разработки месторождений полезных ископаемых открытым способом наиболее широко известны классификации, предложенные проф. Е. Ф. Шешко, академиками Н. В. Мельниковым и В. В. Ржевским. Наиболее простой является классификация проф. Е. Ф. Шешко, в основу которой положено направление перемещения вскрышных пород в отвалы. В соответствии с этим выделено три

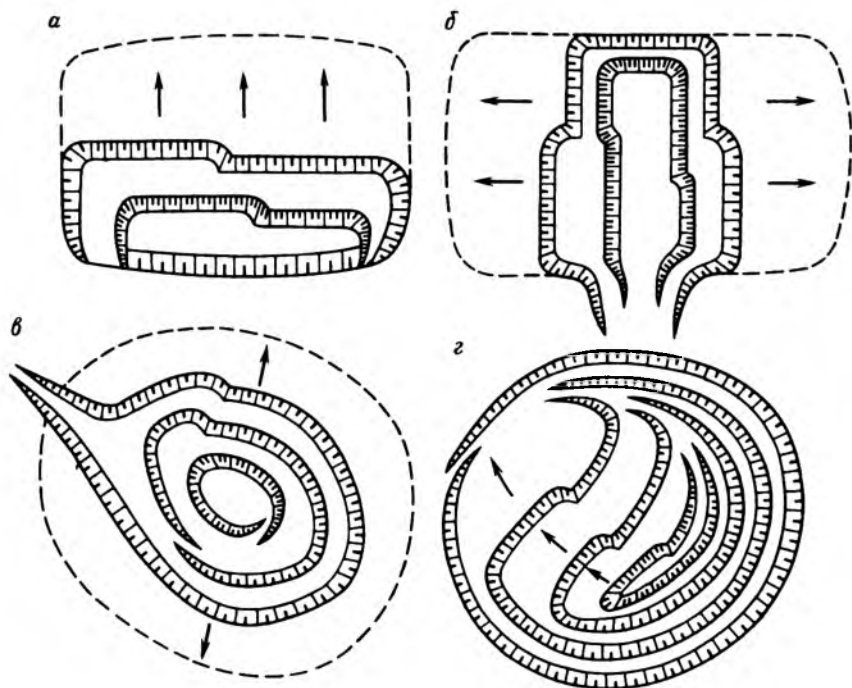


Рис. 17.1. Направление и порядок перемещения фронта работ

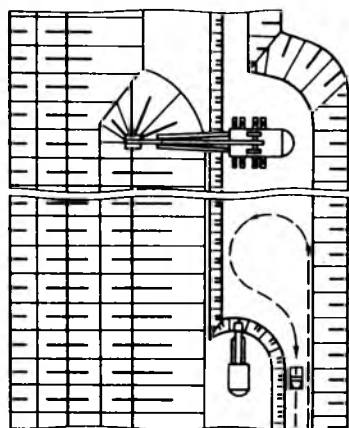
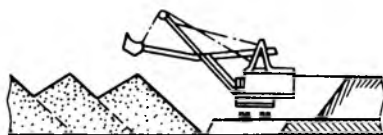


Рис. 17.2. Бестранспортная система разработки

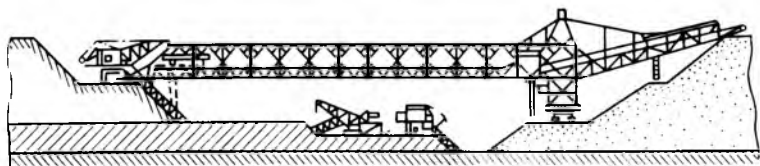


Рис. 17.3. Бестранспортная система разработки с применением транспортно-отвального моста

группы систем: бестранспортные, транспортные и комбинированные системы с поперечным и продольным перемещением вскрыши в отвалы.

Бестранспортная система разработки (рис. 17.2) характеризуется непосредственной экскавацией и перевалкой породы в отвал одноковшовым экскаватором. Если длина стрелы экскаватора или драглайна не позволяет в один прием перебросить породу в отвал, то эту работу выполняют в два приема. На вскрыше устанавливают механическую лопату или драглайн, а на отвале — драглайн.

Применение при перевалке вскрыши в выработанное пространство мощных драглайнов и мехлопат делает бестранспортные системы наиболее экономичными. Область их применения — горизонтальные и пологие пласты мощностью до 30 м при мощности покрывающих пород до 45 м. Основной недостаток системы — невозможность создания больших вскрытых запасов, так как расстояние вскрышного уступа от угольного зависит от длины стрелы экскаватора.

К бестранспортным системам разработки относятся также системы, обеспечивающие за счет применения специального оборудования, транспортирование вскрышных пород кратчайшим путем во внутренний отвал (рис. 17.3). В качестве такого оборудования используют консольные отвалообразователи и транспортно-отвальные мосты. В качестве вскрышного экскаватора может использоваться одноковшовый, цепной или роторный многоковшовые экскаваторы.

Системы разработки с применением консольных отвалообразователей и транспортно-отвальных мостов применяются при разработке мягких и плотных пород мощностью до 50 м на горизонтальных и пологих (до 4°) пластах.

Вскрыша, разрабатываемая многоковшовыми экскаваторами, передается на конвейеры транспортно-отвального моста, которые перемещают его по кратчайшему расстоянию во внутренние отвалы. При применении транспортно-отвальных мостов гипсометрия пласта должна быть выдержанной, а почва пласта достаточно прочной, чтобы выдержать нагрузки от веса моста. Расстояние перемещения породы от забоя до отвала находится в пределах 200—500 м. Основными параметрами моста являются расстояние между опорами (100—250 м), вылет отвальной консоли и высота разгрузки.

Транспортные системы предусматривают транспортирование вскрышных пород на внутренние и внешние отвалы.

Системы разработки с транспортированием пород на внутренние отвалы применяются при разработке мощных горизонтальных и пологих пластов, отрабатываемых сразу на всю мощность двумя уступами и более. Система не требует жесткой увязки между параметрами оборудования, мощностью покрывающих пород и объемом вскрытых запасов. Транспортирование вскрышных пород осуществляется с помощью конвейеров, локомотивов или автомобилей.

Комбинированные системы разработки предусматривают разбивку толщи пород по вертикали на две зоны. При разработке верхней зоны вскрыша вывозится во внешние отвалы, а нижней — размещается во внутренние отвалы с помощью экскаваторов, отвалообразователей или транспортно-отвальных мостов.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие вскрывающие выработки более всего распространены на угольных разрезах?
2. Какие бывают направления перемещения фронта работ в карьере?
3. В чем заключается основной классификационный признак системы разработки по классификации проф. Е. Ф. Шешко?
4. Какие применяются средства перевалки пород в отвал при бестранспортной системе разработки?

Часть VI

РУДНИЧНЫЙ ТРАНСПОРТ

18. ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ И ВИДЫ ПОДЗЕМНОГО ТРАНСПОРТА

18.1. Роль и значение транспорта при добыче полезного ископаемого подземным способом

Транспорт является неотъемлемой частью подземной добычи, оказывающей непосредственное влияние на эффективность работы угольного предприятия. Подземный транспорт связывает в пространстве места выполнения основных производственных процессов и задает при этом необходимый темп функционирования всей технологической схемы шахты.

Особенно возросли роль и значение подземного транспорта после оснащения очистных и подготовительных работ новыми высокопроизводительными машинами и механизмами. Неправильный выбор вида подземного транспорта или некорректный расчет его производительности может привести к недоиспользованию возможностей новой техники и серьезным экономическим последствиям.

Шахтный транспорт подразделяется на подземный транспорт и транспорт на поверхности шахты. По роду перевозимого груза различают основной вид транспорта, служащий для перевозки полезного ископаемого от забоя до средств внешнего транспорта, и вспомогательный, обеспечивающий перевозку людей, породы, доставку в забой различных материалов, машин, оборудования и т. п. Существует деление подземного транспорта на участковый (транспортирование от очистных и подготовительных забоев по сети участковых выработок), магистральный (от участковых погрузочных пунктов до шахтных стволов) и шахтный подъем (транспортирование по стволам и капитальным уклонам).

18.2. Особенности работы подземного транспорта

Шахтные транспортные средства эксплуатируются в специфических условиях: стесненность и непостоянство рабочих мест, жесткие требования пылегазового режима и противопожарной безопасности, неравномерность грузового потока в течение смены и суток. Перемещение фронта горных работ вызывает необходимость постоянно удлинять или укорачивать транспортную сеть. Разнообразие горно-геологических условий очень усложняет выбор оптимальной системы шахтного транспорта и создание нормальных условий ее эксплуатации.

Обустройство средствами транспорта очистных и подготовительных забоев определяется в основном принятыми схемами подготовки и системами разработки. Этажные горизонтальные выработки (штреки, квершлагги) оборудуют обычно средствами рельсового транспорта, а прилегающие к лавам выемочные выработки конвейерами для транспортирования угля и монорельсовыми подвесными или напочвенными дорогами для доставки материалов.

На наклонных и крутых пластах широко применяется спуск груза под действием собственного веса по конвейерным решатакам, скатам, специальным трубам.

Как правило, невозможно обойтись одним только видом транспорта для удовлетворения всех нужд шахты в перемещении грузов и перевозке людей. Однако в определенных условиях использовать для транспортирования угля от забоев до поверхности только один вид транспорта (например конвейерный), технически возможно и экономически целесообразно.

Для преобладающего числа угольных шахт в нашей стране характерно применение комбинированных схем транспорта. Транспортная сеть шахты от забоя и до поверхности представлена, как правило, следующими видами транспорта: конвейерным, конвейерно-рельсовым, рельсовым, скиповым подъемом по вертикальному стволу или конвейерным транспортом по наклонному стволу. Возможны и другие комбинации, учитывающие многообразие горно-геологических и горнотехнических условий.

Если подъем с откаточного горизонта на поверхность осуществляется одним транспортным средством (конвейером, скиповым подъемом и др.),

то такой подъем называют **одноступенчатым**. При наличии двух или более даже однотипных последовательно работающих подъемных установок (конвейеров, лебедок и т. п.) подъем — **ступенчатый**. Наличие ступеней в транспортной схеме резко снижает надежность и эффективность всего подземного транспорта.

Выбор вида магистрального транспорта шахты, средств подъема угля по стволам и его дальнейшей транспортировки до погрузочных сооружений на поверхности производится в техническом проекте шахты на основании детальных расчетов и технико-экономического сравнения вариантов транспортных схем.

18.3. Пассажирские перевозки в шахте

Правильная организация пассажирских перевозок относится к одной из важнейших составляющих организационно-технических мероприятий по обеспечению высокопроизводительной работы горнодобывающего предприятия. Передвижение по горным выработкам до места работы не должно занимать более 45 мин в один конец.

Механизированная перевозка людей обязательна по всем вертикальным выработкам, по наклонным выработкам с разностью конечных отметок верхнего и нижнего пунктов не менее 25 м, а также по горизонтальным выработкам на расстояние более 1 км.

Для перевозки людей в шахте используются клетки, специальные пассажирские вагонетки и поезда, конвейерные линии (специально оборудованные), подвесные канатные и монорельсовые дороги, оснащенные специальными пассажирскими или грузопассажирскими вагонетками. Работа каждого вида транспорта (подъема, движения пассажирских поездов, канатно-кресельной дороги и т. п.) организуется по специальному графику с указанием лиц, ответственных за перевозки данным видом транспорта.

Для перевозки людей, сопровождающих грузовые составы с материалами и оборудованием, и инженерно-технических работников допускается включение в грузовой состав одиночной специальной вагонетки. Эта вагонетка располагается за локомотивом в голове состава. Непосредственно за пассажирской должна прицепляться пустая или нормально загруженная вагонетка. Допустимая скорость движения пассажирского транспорта в зависимости от его вида колеблется в пределах 4 км/ч для канатно-кресельных дорог и до 20 км/ч для пассажирских поездов при движении по горизонтальным выработкам.

18.4. Организация работы внутришахтного транспорта

Производство транспортных операций по транспортированию полезного ископаемого от очистных и подготовительных забоев до поверхностного технологического комплекса (основной транспорт) и перевозке людей, выдаче породы, снабжению участков материалами (вспомогательный транспорт) возлагается на участок внутришахтного транспорта

(ВШТ). Текущая работа ВШТ строится по месячным планам, составляемым в соответствии с установленным годовым планом.

План включает три части: графическую, пояснительную записку и перечень организационно-технических мероприятий, обеспечивающих выполнение установленного плана. В графической части представлена схема транспортной сети с нанесенными условными знаками погрузочных пунктов, маршрутов следования поездов, всех транспортных узлов, пунктов перегрузки и т. п. с необходимыми пояснениями и цифровым сопровождением. В пояснительной записке рассмотрены направления основных грузопотоков, приведены расчеты потребности в подвижном составе, расстановки людей и техники, дано описание организации работ.

Разработка плана начинается с определения прямых (от забоя к стволу) и обратных грузопотоков и установления их распределения по направлениям и времени исполнения.

Разработка плана работы участка ВШТ завершается сведением своеобразного баланса между потребностью шахты в перевозках и техническими возможностями участка в их осуществлении. При этом необходимым требованием является наличие резерва, если не на всех, то хотя бы на наиболее грузонапряженных направлениях. В противном случае отсутствует возможность для сглаживания возможных непредусмотренных пиковых нагрузок и ликвидации аварийных ситуаций.

Вопросы для самоконтроля

1. Каково деление шахтного транспорта по виду перевозимых грузов?
2. В чем сущность комбинированной схемы транспорта?
3. Какова допустимая скорость движения средств пассажирского транспорта в зависимости от его вида?
4. Каковы условия, при которых обязательна организация механизированной перевозки людей в шахтах?
5. Какие виды транспортных средств используются для перевозки людей в шахтах?

19. КОНВЕЙЕРНЫЙ ТРАНСПОРТ

19.1. Скребковые конвейеры и перегружатели

Наибольшее распространение скребковые конвейеры получили для доставки полезного ископаемого по очистному забою и в некоторых случаях для транспортирования его от очистных забоев до мест погрузки в средства магистрального транспорта.

Транспортирование насыпных грузов скребковыми конвейерами осуществляется волочением по неподвижному желобу (рештаку) с помощью одной или нескольких цепей с укрепленными на них перегородками — скребками.

Основными элементами скребкового конвейера являются рештаки, тяговые органы, приводная и концевая головки.

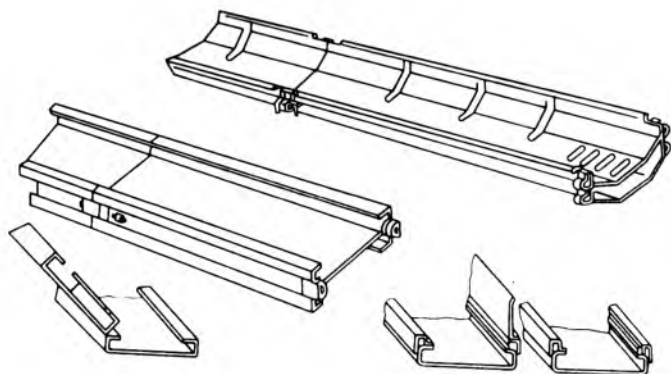


Рис. 19.1. Виды решеток скребковых конвейеров

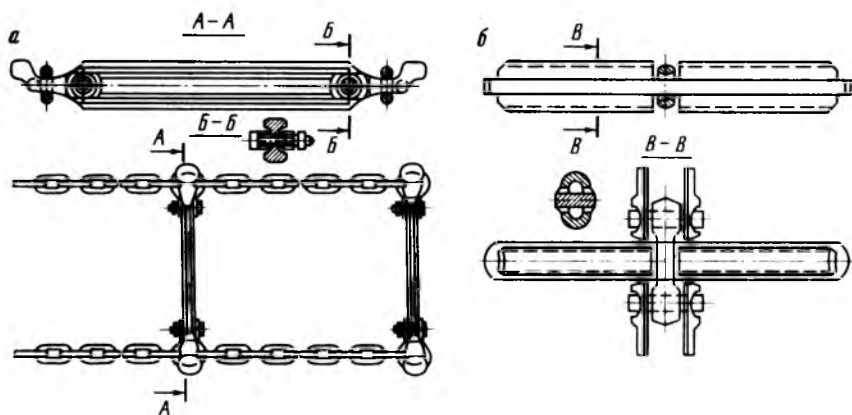


Рис. 19.2. Схемы соединения скребков кольцевыми сварными (а) и разборными штампованными (б) цепями

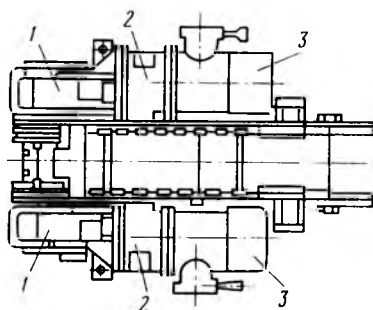


Рис. 19.3. Схема привода забойного конвейера:

1 — цилиндрические редукторы; 2 — турбомуфты; 3 — электродвигатели

Рештачный став собирается из унифицированных секций (рештаков) длиной от 1 до 1,25 м. Рештаки могут быть штампованными или сварными с прямоугольной, трапециевидной или полукруглой формой поперечного сечения (рис. 19.1). Рештаки соединяются в став с помощью быстроразборных соединений, допускающих некоторый изгиб става как в вертикальной плоскости, так и в плоскости пласта. В большинстве конструкций конвейеров рештаки укладывают один над другим, образуя открытый желоб для рабочей ветви и закрытый для холостой.

Тяговые органы скребковых конвейеров состоят из одной, двух или трех цепей, к которым с помощью болтов или специальных планок крепят скребки. Цепи используются кольцевые сварные (рис. 19.2, а), разборные штампованные (рис. 19.2, б) или пластинчатые. Скребки изготавливают из стальных угольников, пластин, а в последних конструкциях их выполняют штампованными.

Забойные скребковые конвейеры по своей конструкции принципиально разделяются на две основные группы:

разборные переносные одно- и двухцепные, предназначенные для доставки угля в забоях с широкозахватными комбайнами, и транспортирования угля и горной массы при нарезных и проходческих работах;

неразборные передвижные одно-, двух- и трехцепные, предназначенные для работы в комплексе со средствами узкозахватной выемки (в том числе специальные передвижные изгибающиеся конвейеры для очистных механизированных комплексов и агрегатов).

Основные элементы привода забойного конвейера — рама, двигатель, редуктор и ведущий вал со звездочками. Во многих конвейерах между двигателем и редуктором устанавливают предохранительную муфту (турбомуфту).

С помощью массивных вертикальных связей приводные блоки (рис. 19.3), состоящие из фланцевого электродвигателя 3, турбомуфты 2 и цилиндрического редуктора 1, объединяются в единое целое. Для соединения электродвигателя и редуктора служит соединительная приставка, в которой свободно размещена турбомуфта, а электродвигатель и редуктор закреплены на ее фланцах болтами. Турбомуфта служит для передачи вращающего момента от электродвигателя, защиты электродвигателя от перегрузок, обеспечения плавного запуска и уменьшения динамических нагрузок в элементах конвейера.

В зависимости от длины, угла падения и требуемой производительности конвейер может быть собран с двумя приводными или приводной и концевой головками.

Наибольшее распространение в очистных забоях угольных шахт получили скребковые передвижные конвейеры типа СП (СПМ-46, СПЦ-151, СП-48М, СП-202, СП-202В1, СП-87ПМ, СП-301). Из них самым мощным является конвейер СП-301 (рис. 19.4), входящий в состав механизированного комплекса КМ-130. Производительность конвейера составляет 1000 т/ч, энерговооруженность — 330 кВт. Конвейер имеет повышенную толщину днища рештаков рабочей ветви (16 мм), мощные тяговые цепи калибра 24×86 мм с разрывным усилием 860 кН и замки, соединяющие

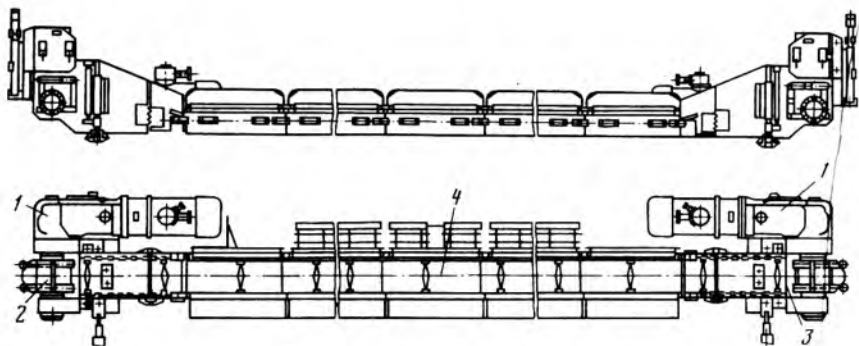


Рис. 19.4. Схема скребкового конвейера СП-301:

1 — приводные блоки; 2, 3 — соответственно головная и концевая приводные головки;
4 — линейный рештак

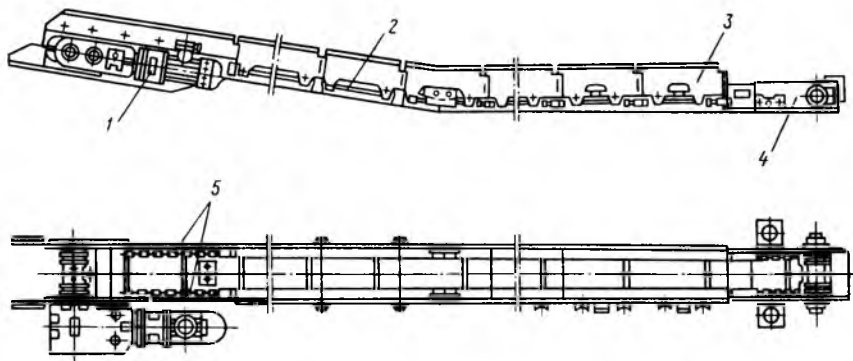


Рис. 19.5. Схема скребкового перегружателя ПТК-1:

1, 4 — соответственно приводная и концевая головки; 2 — наклонный рештак; 3 — линейная секция; 5 — скребковая цепь

рештачный став, с разрывным усилием до 1000 кН. Соединение рештаков между собой безболтовое. Конвейер оснащается двумя или тремя приводными блоками с электродвигателями мощностью по 110 кВт на напряжение 1140 или 660 В. Ресурс конвейера по износу рештачного stava до предельного состояния 750 тыс. т.

Для передачи угля с забойного скребкового конвейера на ленточный конвейер, расположенный в конвейерном штреке, применяют скребковые передвижные перегружатели. Как правило, скребковые передвижные перегружатели работают в комплексе с сокращаемой частью штрекового ленточного конвейера (телескопического). Тем самым исключается необходимость в частом сокращении или удлинении линейной части штрекового конвейера. При применении перегружателей штреко-

вый ленточный конвейер не доходит до лавы на расстояние 25—30 м. Указанный промежуток перекрывается перегружателем.

Скребовый перегружатель ИСП-2Н подвижного типа предназначен для перегрузки угля, поступающего из очистного забоя, на установленный в штреке ленточный конвейер. Он устанавливается в хвостовой части ленточного конвейера и образует вместе с ним телескопическую систему конвейеров с максимальной длиной перекрытия 50 м.

Скребовый перегружатель ПТК-1 (рис. 19.5) входит в комплект телескопического ленточного конвейера 1ЛТ-80 и образует вместе с ним телескопическую систему конвейеров, которая непрерывно передвигается вместе с подвиганием очистного забоя. Длина перегружателя в поставке 51 м, производительность 360 т/ч. Мощность электродвигателя 55 кВт.

Перегружатель ПТК-2У работает с телескопическими ленточными конвейерами 1ЛТ-100, 2ЛТ-100У и 2ЛТ-100-01. Он располагается за опорной секцией ленточной части конвейера в выработках с углами наклона до $\pm 10^\circ$ при транспортировании угля как снизу вверх, так и сверху вниз. Отличается от перегружателя ПТК-1 большей производительностью (760 т/ч) и наличием двух электродвигателей мощностью по 55 кВт.

19.2. Ленточные конвейеры

Ленточные конвейеры — основной вид непрерывного транспорта угля по горизонтальным и наклонным выработкам. При этом все большее распространение получает полная конвейеризация шахт, когда уголь транспортируется от очистных забоев до погрузочных бункеров на поверхности только конвейерами.

Основными узлами ленточного конвейера (рис. 19.6) являются лента, выполняющая одновременно тяговую и несущую функции, приводная и натяжная станции, поддерживающие роликоопоры холостой и рабочей ветви, а также опорная конструкция.

Тяговое усилие передается ленте силами трения между приводным барабаном и лентой. Для увеличения угла обхвата у приводного барабана установлен отклоняющий барабан. Для конвейеров большой мощности и длины применяют приводы с двумя приводными и одним разгрузочным барабанами. Для погрузки транспортируемого материала на ленту служит загрузочный лоток.

Лента — основной и наиболее дорогой элемент конвейера. От ее срока службы в большой степени зависит экономическая эффективность применения ленточных конвейеров. В шахтных конвейерах наиболее часто используются прорезиненные тканевые ленты. Такие ленты имеют тяговый каркас из нескольких связанных между собой вулканизированной резиной слоев ткани. Снаружи каркас покрыт резиновыми обкладками. Тяговый каркас воспринимает продольные растягивающие усилия в ленте и обеспечивает ей необходимую поперечную жесткость, обкладки же предохраняют каркас от воздействия влаги, механических повреждений и истирания.

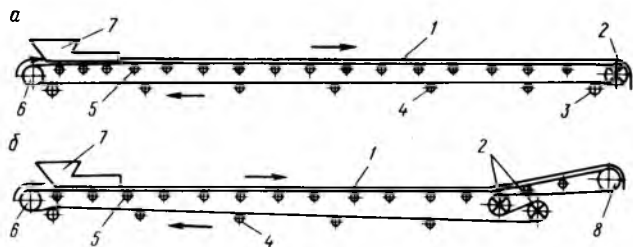


Рис. 19.6. Схемы ленточных конвейеров с однобарабанным (а) и двухбарабанным (б) приводами:

1 — лента; 2, 3, 6, 8 — соответственно приводной, отклоняющий, натяжной и разгрузочный барабаны; 4, 5 — роlikопоры соответственно холостой и рабочей ветви; 7 — загрузочный лоток

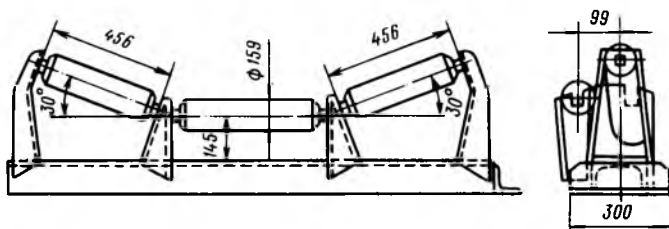


Рис. 19.7. Конструкция роlikопоры грузовой ветви ленточного конвейера

В конвейерах большой производительности и длины применяют ленты с каркасами из стальных тросов. По конструкции лента представляет собой резинометаллический сердечник, состоящий из одного ряда параллельно расположенных и заправленных в слой резины латунированных тросов. Ленты изготовляют с тросами диаметром от 2,1 до 11,5 мм. Предел прочности на разрыв лент изменяется от 5 до 60 кН на 1 см ширины ленты.

Важнейшие расчетные параметры ленты — ширина, предел прочности на разрыв и относительное удлинение. От ширины ленты зависит кусковатость материала, который может транспортироваться данной лентой. Предел прочности на разрыв определяет максимально возможную длину конвейера, установленную мощность, конструкцию привода, а с учетом относительного удлинения ленты — конструкцию натяжного устройства.

В угольных шахтах в соответствии с ПБ должны применяться ленты повышенной огнестойкости.

Роlikопоры являются важным массовым узлом конвейера. Они предназначены для поддержания ленты и придания ей необходимой формы в виде лотка. На подземных конвейерах для грузовой ветви применяют трехроlikовые опоры с одинаковыми по длине роliками (рис. 19.7). Угол наклона боковых роliков составляет 30°.

На холостой ветви устанавливают, как правило, однороликовые опоры и только на некоторых мощных конвейерах для улучшения центрирования холостой ветви применяются двухроликовые опоры с углом установки роликов 10° .

В подземных выработках важное значение имеют легкость и простота монтажа и демонтажа опорных конструкций конвейеров. Помимо конвейеров с жестким ставом широко применяют конвейеры с продольными опорными канатами, на которые с помощью специальных зажимов подвешиваются роlikоопоры грузовой ветви. Канаты натягиваются с определенным усилием при помощи натяжных устройств и опираются на стойки, устанавливаемые через интервалы, кратные расстоянию между роlikоопорами. Для установки роликов холостой ветви используются те же стойки.

Передачу тягового усилия ленте осуществляет привод конвейера. В подземных конвейерах используют одно- и двухбарабанные приводные станции, а иногда — трехбарабанные. Основными элементами привода являются приводные барабаны и силовые агрегаты, состоящие из электродвигателя (или электродвигателя в сочетании с пусковой турбомуфтой), редуктора, тормоза и останова, который предотвращает обратный ход ленты конвейера, установленного в уклоне.

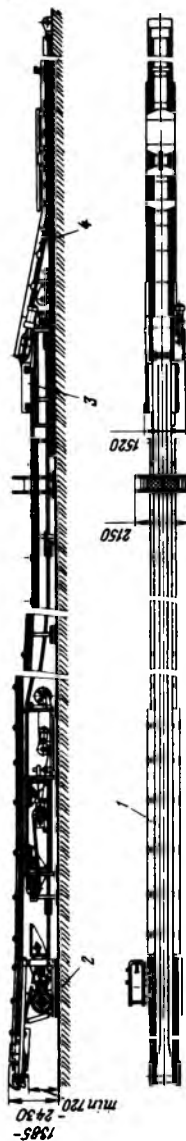
Элементы привода, смонтированные на несущей конструкции, образуют приводную станцию. В последнюю, как правило, конструктивно входят отклоняющие и разгрузочные барабаны, устройства для очистки ленты и барабанов, а также натяжные устройства ленты, которые для горизонтальных и слабонаклонных конвейеров устанавливают у привода.

По назначению ленточные конвейеры разделяются на грузовые и грузоподъемные, по конструктивному исполнению — на стационарные и полустационарные. Конвейеры, размещаемые в горных выработках со сроком службы 1—2 года, называют полустационарными, с большим сроком службы — стационарными. Большинство ленточных конвейеров приспособлено для установки на почву выработки, только полустационарные конвейеры могут иметь подвесной став.

Применяемые в угольной промышленности ленточные конвейеры создаются на основе параметрического ряда, который включает унифицированные модели с шириной ленты 800, 1000 и 1200 мм для участковых и капитальных горизонтальных и наклонных выработок, в том числе наклонных стволов шахт.

В обозначение типа конвейера входят буквы (Л — ленточный, Б — бремсберговый, У — уклонный, Л — людской, Т — телескопический) и цифры, указывающие ширину ленты. Параметрический ряд включает в себя следующие типы конвейеров: для горизонтальных и слабонаклонных выработок — 1Л-80, 2Л-80, 1Л-100К1 (1Л-100К1-01, 1Л-100К1-02), 2Л-100У, 2ЛЛ-100 (3Л-100-02); для горизонтальных выработок, уклонов и наклонных стволов — 3Л-100У, 1ЛУ-120, 2ЛУ-120; для бремсбергов — 1ЛБ-100, 2ЛБ-120; для грузоподъемных уклонов — 2ЛЛ-100. Кроме того, в ряд ленточных конвейеров входят конвейеры, снабженные телескопическими устройствами, — 1ЛТ-80, 2ЛТ-80, 1ЛТ-100, 1ЛТП-80.

Рис. 19.8. Схема телескопического ленточного конвейера 1ЛТ-80;



1 — стан. приводная станция ленточного конвейера; 2 — перегрузочный пункт; 4 — пеллетажер ППК-1

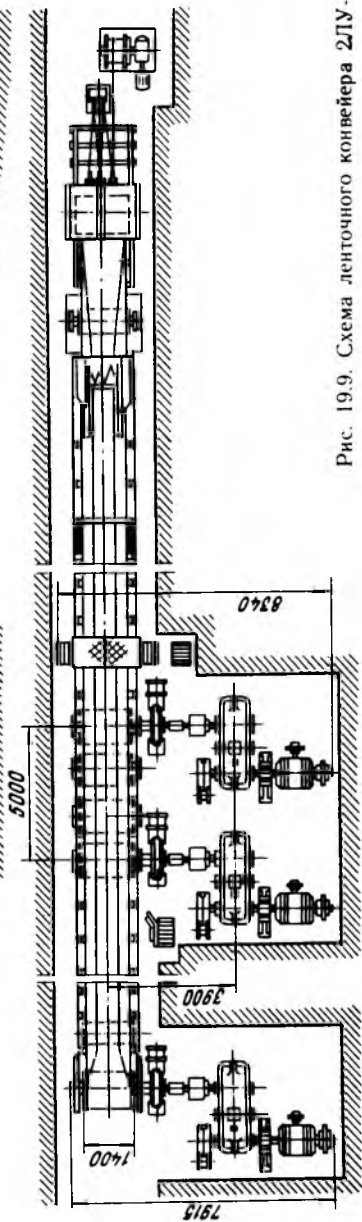
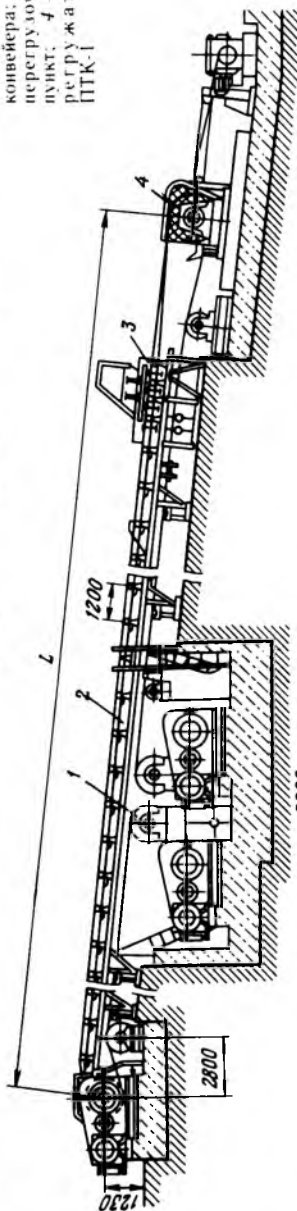


Рис. 19.9. Схема ленточного конвейера 2ЛУ-120Б

Конвейеры 1ЛТ-80 и 2ЛТ-80 являются полустационарными транспортными установками изменяющейся длины и предназначены для приемки угля с размерами кусков до 300 мм с периодически перемещающегося очистного конвейера и транспортировки его по горизонтальным и слабонаклонным прямолинейным в плане горным выработкам при отработке столбов в обратном порядке на пологих пластах в шахтах, опасных по газу или пыли (рис. 19.8).

В отличие от конвейера 1ЛТ-80 конвейер 2ЛТ-80 имеет два независимых привода.

Ленточный телескопический конвейер 1ЛТ-100 по назначению аналогичен телескопическим конвейерам 1ЛТ-80 и 2ЛТ-80 и отличается большей энерговооруженностью, шириной ленты, а также некоторыми конструктивными изменениями. Он изготавливается с двумя или тремя приводными блоками. Максимальная производительность конвейера составляет 850 т/ч. Средняя длина поставки для конвейера с двумя приводными блоками — 1000 м, для конвейера с тремя приводными блоками (1ЛТ-100-01) — 1500 м. Суммарная мощность электродвигателей соответственно равна 180 и 270 кВт. Скорость движения ленты 2,5 м/с.

Телескопический конвейер 1ЛТП-80 предназначен для транспортировки горной массы с размером кусков до 300 мм, поступающей от проходческого комбайна при проведении прямолинейных в плане горизонтальных и слабонаклонных горных выработок с площадью поперечного сечения не менее 8 м².

Для транспортирования угля и породы с размерами кусков до 500 мм по капитальным выработкам и'уклонам в шахтах, опасных по газу и пыли, применяются конвейеры 1ЛУ-120 и 2ЛУ-120. При этом конвейеры 2ЛУ-120 выпускаются в трех исполнениях, отличающихся количеством приводных блоков: конвейеры 2ЛУ-120А и 2ЛУ-120В имеют по два приводных блока, а конвейер 2ЛУ-120Б — три. Узлы конвейеров полностью унифицированы. В состав конвейера 2ЛУ-120Б (рис. 19.9) входят приводная станция 1, выносная головка, средняя часть 2, натяжная головка 4, загрузочное устройство 3, резинотросовая лента и электрооборудование. Производительность конвейера достигает 1500 т/ч. Средняя длина поставки 1000 м. Скорость движения ленты 3,15 м/с. Суммарная мощность электродвигателей 1500 кВт.

Направление совершенствования ленточных конвейеров — повышение энерговооруженности приводов, увеличение ширины и прочности ленты, повышение надежности электродвигателей, создание тормозных устройств во взрывозащитном исполнении, рост уровня межзаводской унификации.

19.3. Пластинчатые конвейеры. Механизированные бункеры

Пластинчатые конвейеры. Пластинчатый конвейер (рис. 19.10) включает грузонесущее полотно, ходовые роlikоопоры, тяговый цепной орган, направляющие для верхней и нижней ветвей конвейера, металлоконструкции става, приводную и натяжную станции.

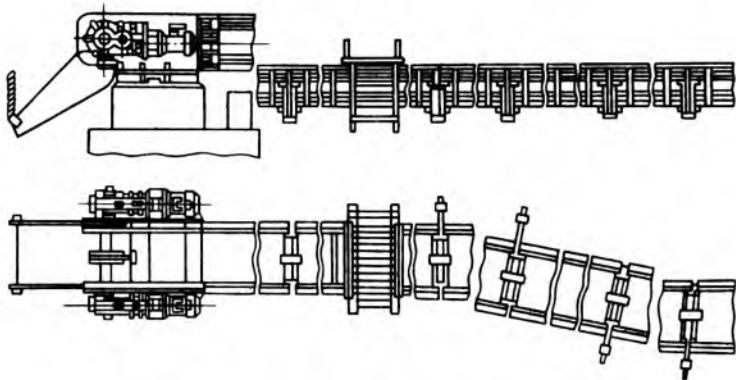


Рис. 19.10. Схема пластинчатого конвейера

Грузонесущее полотно конвейера состоит из несущих пластин и ходовых кареток. Пластины изготовляют методом холодной штамповки из листовой стали толщиной 3–4 мм. Высота бортов пластин находится в пределах 50–200 мм. Между собой пластины соединяются встык или внахлестку. Каждую пластину соединяют с тяговой цепью. Пластины, снабженные ходовыми роликами, называют ходовыми каретками. Шаг ходовых кареток устанавливают в зависимости от натяжения тяговой цепи и принимают кратным длине несущих пластин и тяговых цепей.

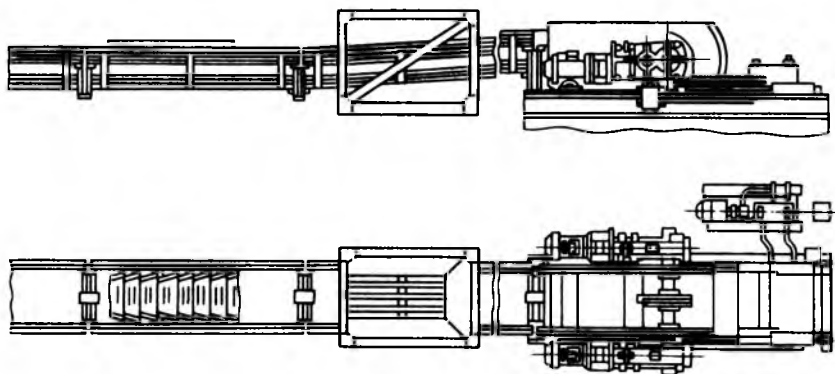
Став пластинчатого конвейера представляет собой линейные и поворотные секции, которые состоят из двух прогонов, являющихся направляющими для ходовых роликов, пластинчатого полотна, опорных стоек и поперечных связей.

Приводные станции пластинчатых конвейеров состоят из приводного вала с одной или двумя звездочками в зависимости от числа тяговых цепей, редукторов, гидромуфты и электродвигателя. В хвосте пластинчатого конвейера устанавливают натяжную станцию, обеспечивающую предварительное натяжение тяговой цепи.

Для осуществления транспортирования груза на любое расстояние без перегрузок и увеличения запаса прочности цепей применяют промежуточные приводы, которые должны работать синхронно. Разработанные конструкции промежуточных станций (приводов) имеют зацепление с одной рабочей ветвью или с рабочей и холостой ветвями. По конструкции промежуточные приводы разделяют на гусеничные приводы и приводы с ведущими звездочками.

Пластинчатые конвейеры типа П (П-65, П-65М, П-80) являются стационарными установками, предназначенными для транспортирования угля и породы по горизонтальным криволинейным в плане горным выработкам угольных шахт. Суммарный изгиб трассы может достигать 360° , а длина — 1200 м с минимальным радиусом поворота в плане 20 м и в вертикальной плоскости до 60 м.

Приемная способность конвейеров П-65, П-65М и П-80 равна соот-



ветственно 5,6–8,5; 6–9,4 и 10,5–15,6 м³/мин, производительность – 250–350; 280–450 и 500–750 т/ч. Длина конвейера П-65 может достигать 1200 м, конвейеров П-65М и П-80 с установкой промежуточного привода – 1600 м. Скорость движения полотна 0,7–1,2 м/с. Тяговым органом конвейеров типа П служит одна кольцевая цепь.

В прямолинейных в плане выработках с углами наклона 24–35° используются конвейеры типа ПН. В качестве тягового органа используются две пластинчатые цепи. Пластины применяются с поперечными перегородками, удерживающими груз от сползания.

Механизированные бункеры. Для повышения пропускной способности, надежности и эффективности использования систем внутришахтного транспорта применяются подземные механизированные бункеры. Конструктивно механизированный бункер представляет собой емкость, вытянутую вдоль оси выработки и имеющую в качестве дна скребковый или пластинчатый конвейер.

На угольных шахтах для аккумуляции рядового угля, горной массы или породы находит применение механизированный скребковый бункер БС-60 вместимостью 60 м³. Производительность разгрузки и загрузки бункера достигает 5 м³/мин, мощность привода 44 кВт. Бункеры БС-60 применяются при ведении очистных и подготовительных работ.

Для аккумуляции угля, породы или горной массы в подготовительных забоях с последующей доставкой груза к месту перегрузки в средства магистрального транспорта служит бункер БС-35П вместимостью 35 м³. Максимальная производительность разгрузки-погрузки составляет 2,55 м³/мин при мощности привода 32 кВт. Бункер устанавливается на рельсовый путь с колесей шириной 600 или 900 мм в горизонтальных выработках с площадью поперечного сечения не менее 6,5 м².

Для аккумуляции грузов при отказах внутришахтного транспорта и сглаживания неравномерностей грузопотока предназначен механизированный бункер БМ-200А вместимостью 200 м³ с производительностью загрузки-разгрузки 7,5–12,5 м³/мин. Мощность привода 180 кВт. Бункер

устанавливается в капитальных горных выработках с площадью поперечного сечения не менее 20 м^3 в местах сопряжения участкового и магистрального транспорта.

Указанные механизированные бункеры отличаются небольшой вместимостью. Поэтому на шахтах сооружаются также горные бункеры.

19.4. Техника безопасности при обслуживании конвейеров

В соответствии с правилами эксплуатации конвейерных установок запрещается осмотр и ремонт работающего ленточного конвейера, движение людей по конвейеру во время его работы. Запрещается также перевозка оборудования, а перевозка крепежного леса разрешена только специально приспособленными для этого конвейерами.

Скреповый конвейер должен быть оборудован средствами предупредительной сигнализации. При эксплуатации конвейера необходимо систематически контролировать исправность цепей и рештаков. Деформированные звенья цепи и скребки должны быть своевременно удалены и заменены новыми. Необходимо периодически контролировать работоспособность замковых соединений рештаков. Очистка конвейера от штыба во время работы категорически запрещается. Перед началом рабочей смены нужно проверить работу редукторов и турбомуфты, поддерживать необходимый уровень масла в них, а также проводить их расштыбовку.

При эксплуатации пластинчатых конвейеров необходимо обращать особое внимание на устойчивость грузонесущего полотна на криволинейных участках, монтаж направляющих става конвейера, вращение ходовых роликов, работу редуктора и турбомуфты, промежуточных приводов, следить за состоянием электродвигателей и аппаратуры управления. Если выработка подвергается воздействию горного давления, то ее необходимо периодически перекреплять. Нельзя допускать деформацию става конвейера и уменьшения безопасных расстояний между конвейером и крепью выработки.

В местах перехода через конвейер должны быть установлены переходные мостики с перилами, имеющие ширину не менее $0,6 \text{ м}$; зазор между грузонесущим полотном и нижней частью мостика должен быть не менее $0,4 \text{ м}$. В выработках с углами наклона более 10° по всей длине пластинчатого конвейера должны быть установлены ловители.

При эксплуатации ленточных конвейеров необходимо: защищать съемными ограждениями все вращающиеся и движущиеся части привода и натяжных станций, использовать конвейер только по назначению, соблюдать меры по борьбе с пылью, устранять неисправности только после остановки конвейера, сооружать переходные мостики в местах перехода людей.

Необходимо следить за состоянием стыков конвейерных лент и своевременно производить текущий ремонт ленты. На конвейерах, оснащенных резинокроссовыми лентами, должны быть установлены устройства для контроля целостности кроссов. Ежедневно необходимо производить

осмотр конвейерных роликов и заменять неисправные. Все ленточные конвейеры, установленные в наклонных выработках (с углами наклона более 6°), должны быть оснащены ловителями ленты порожней и грузовой ветвей, а также тормозными средствами и храповыми остановами. Ленточные конвейеры должны иметь центрирующие устройства, предотвращающие сход ленты в сторону более чем на 10% ее ширины. Кроме того, необходимо предусматривать возможность экстренной остановки конвейера из любой точки по его длине.

Запрещается производить одновременную транспортировку грузов и перевозку людей на грузопассажирских конвейерах, а также одновременную эксплуатацию размещенных в одной выработке конвейера и лебедки для спуска-подъема груза по рельсовому пути.

Вопросы для самоконтроля

1. Каковы основные элементы скребкового конвейера?
2. Какие бывают забойные скребковые конвейеры?
3. В чем заключается назначение турбомуфты в приводах скребковых конвейеров?
4. Каково назначение скребковых перегружателей?
5. Из каких основных узлов состоит ленточный конвейер?
6. Какие бывают конвейерные ленты и их ширина?
7. Какие бывают ленточные конвейеры по назначению и конструктивному исполнению?
8. В чем назначение и каково устройство пластинчатого конвейера?
9. Какими устройствами должны быть оборудованы ленточные конвейеры в наклонных горных выработках?

20. РЕЛЬСОВЫЕ ПУТИ И ШАХТНЫЕ ВАГОНЕТКИ

20.1. Рельсовый путь

Рельсовые пути настилают главным образом в откаточных горизонтальных выработках (квершлагги, главные и откаточные штреки), а также в промежуточных штреках, бремсбергах и уклонах.

Состояние рельсовых путей определяет надежную и безопасную работу рельсового транспорта. Рельсовый путь должен быть прочным, упругим и износостойчивым.

Основной грузопоток в шахтах направлен от забоев к стволу. Поэтому откаточным выработкам по возможности придают уклон равного сопротивления, при котором сопротивление движению порожнего поезда на подъем равно сопротивлению движения груженого поезда под уклон. При локомотивной откатке указанный уклон, как правило, не должен превышать 0,005.

Рельсовый путь состоит из двух главных частей — верхнего и нижнего строений (рис. 20.1). Верхнее строение включает рельсы и элементы крепления, шпалы, балластный слой. Нижним строением является почва выработки с водоотводной канавкой.

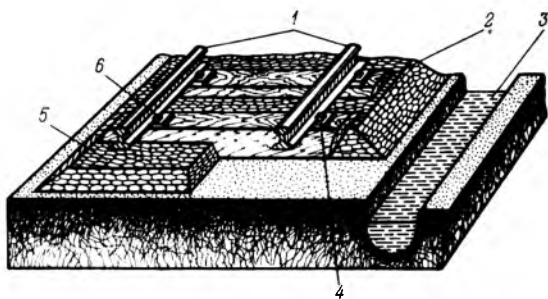


Рис. 20.1. Шахтный рельсовый путь:

1 — рельсы; 2 — шпала; 3 — водоотливная канавка; 4 — подкладка; 5 — балластный слой; 6 — костыль

Две нитки рельсов образуют рельсовую колею. Ширина рельсовой колеи определяется расстоянием между внутренними гранями головок рельсов. На отечественных угольных шахтах стандартной является колея шириной 600 и 900 мм. Форма поперечного сечения шахтных рельсов такая же, как и у железнодорожных. В шахтах применяются рельсы Р-24, Р-33 и Р-38 (цифры обозначают массу 1 м рельса в кг). Стандартная длина отрезков рельсов 12,5 м. Длина отрезков рельсов, спускаемых в шахту, ограничивается по условиям возможности их спуска по стволу и перевозки по горным выработкам.

Шпалы служат для закрепления на них рельсов и передачи давления от рельсов на балласт. Шпалы бывают деревянные, железобетонные и металлические. С деревянными шпалами рельсы скрепляются костылями. На каждую шпалу рельс опирается через подкладку, увеличивающую площадь опорной поверхности рельса и обеспечивающую его наклон внутрь колеи примерно на 20° для улучшения условий движения подвижного состава.

Балластный слой необходим для равномерного распределения нагрузки от шпал на нижнее строение пути, предохранения шпал от сдвига, смягчения ударов при движении состава, отвода воды, а также для выравнивания почвы выработки. Материал для балласта — щебень, настилаемый слоем толщиной не менее 100 мм.

В местах ответвлений рельсовых путей устраивают стрелочные переводы. Стрелочный перевод является наиболее сложным участком рельсовых путей и поэтому требует постоянного к себе внимания. Стрелочные переводы различают по маркам, углу ответвления и направлению ответвляющегося пути — правый или левый. Марка стрелочного перевода является тангенсом половины угла сердечника крестовины стрелочного перевода (1/3, 1/4, 1/5, 1/6).

Стрелочные переводы бывают односторонними и двухсторонними (обычно симметричные). Между двумя параллельными путями для перехода с одного пути на другой устраиваются съезды односторонние (из

двух стрелочных переводов) и двухсторонние (комбинация из четырех стрелочных переводов и глухого пересечения). Устройство, позволяющее двум рельсовым путям пересекаться на одном уровне, без возможности перехода подвижного состава с одного пути на другой, называется глухим пересечением.

Переключение перьев стрелочного перевода из одного положения в другое производится с помощью ручного механизма или специальным электрическим приводом, который включает машинист электровоза или диспетчер.

Радиус закругления рельсового пути в плане выбирают в зависимости от скорости движения и размера жесткой базы подвижного состава. Для колеи 600 мм радиус закругления рельсового пути принимают не менее 12 м, для колеи 900 — не менее 20 м.

Вслед за подвиганием забоя откаточной выработки настилается временный рельсовый путь из коротких звеньев, обычно с приваренными электросваркой к рельсам металлическими шпалами. Когда забой отойдет на полную длину стандартного отрезка рельсов, звенья временного пути убирают и настилают рельсы из отрезков стандартной длины.

Возникающие при эксплуатации дефекты пути необходимо немедленно устранять, так как убытки, возникающие при авариях на путях из-за их неисправности значительно превышают расходы по содержанию рельсовых путей в исправном состоянии. По этой же причине не следует применять слишком малые радиусы кривых.

20.2. Шахтные вагонетки

Шахтные вагонетки делятся на грузовые, пассажирские (людские) и специального назначения.

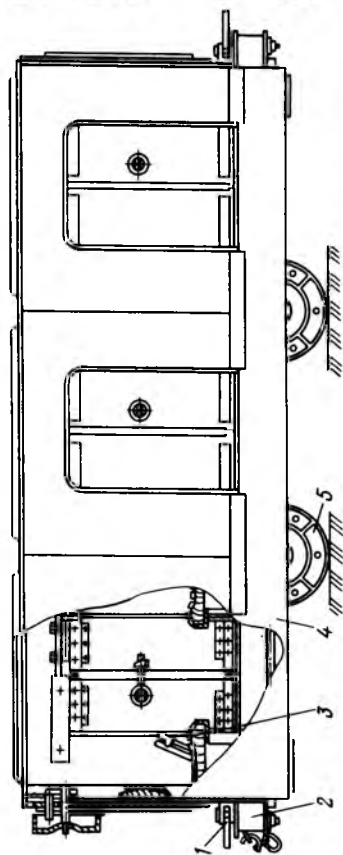
Грузовые вагонетки по назначению подразделяются на вагонетки для перевозки угля, породы и закладочного материала и для перевозки вспомогательных грузов.

Пассажирские вагонетки применяются для перевозки людей по горизонтальным и наклонным выработкам. По горизонтальным выработкам людей перевозят в вагонетках ВПГ-12 и ВПГ-18, рассчитанных соответственно на колею 600 и 900 мм (рис. 20.2). Цифры в обозначении типа вагонетки обозначают число посадочных мест. Для перевозки людей используются также специально оборудованные грузовые вагонетки и грузолюдские самоходные вагонетки.

Для перевозки людей по наклонным выработкам (с углом наклона от 6 до 80°) применяются пассажирские вагонетки типа ВЛ и ВЛН (рис. 20.3).

К вагонеткам и платформам специального назначения относятся вагонетки-емкости для жидких горюче-смазочных материалов или воды, вагонетки для противопожарных поездов, перевозки ВМ, специальные платформы для перевозки крепежного леса и крепежных материалов, контейнеров и пакетов, длинномерных и негабаритных грузов.

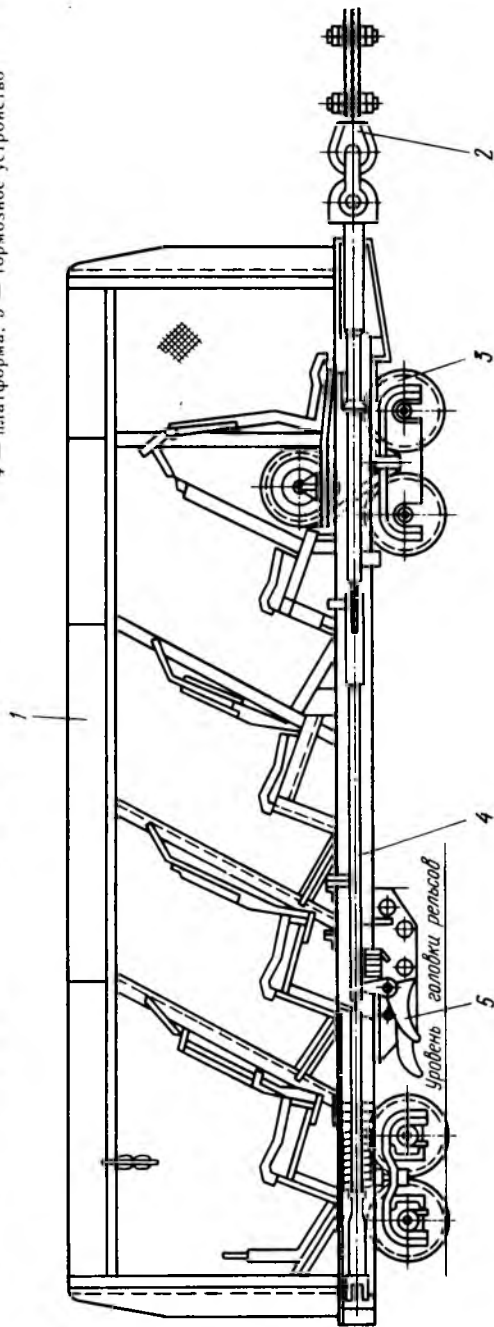
Рис. 20.2. Шахтная вагонетка для перевозки людей по горизонтальным выработкам ВПГ-12:



1 — крючковая сцепка с пружиной; 2 — разъемная рама с подпружиненными буферами; 3 — съемное сиденье с деревянной обшивкой; 4 — кузов; 5 — скат

Рис. 20.3. Шахтная вагонетка для перевозки людей по наклонным выработкам типа ВЛ:

1 — корпус; 2 — прицепное устройство; 3 — скат; 4 — платформа; 5 — тормозное устройство



По конструкции кузова и способу разгрузки грузовые вагонетки разделяют на четыре группы:

с глухим кузовом, жестко закрепленным на раме (вагонетки типа ВГ); разгрузка таких вагонеток осуществляется в круговых опрокидывателях;

с кузовом, снабженным откидным днищем (вагонетки типа ВД); разгрузка подобных вагонеток производится через днище;

с кузовом, шарнирно закрепленным на раме, с поднимающимся откидным бортом (вагонетки типа ВБ); их разгрузка осуществляется при наклоне кузова и подъеме борта;

с глухим опрокидным кузовом (вагонетки типа ВО); они разгружаются путем опрокидывания кузова.

В настоящее время на действующих шахтах применяются преимущественно вагонетки с глухим кузовом, на долю которых приходится около 95%. В проектах новых шахт чаще принимаются саморазгружающиеся вагонетки.

Основными параметрами грузовых вагонеток являются вместимость кузова, грузоподъемность, коэффициент тары, удельное сопротивление движению, масса вагонетки, ширина колес и жесткая база.

Главный параметр вагонеток — вместимость кузова, выраженная в кубических метрах и указываемая цифрами после буквенного обозначения.

Согласно параметрическому ряду вагонетки с глухим кузовом типа ВГ изготавливают вместимостью 0,8; 1; 1,1; 1,3; 1,4; 1,6; 2,5; 3,3; 4; 8; 10 м³; вагонетки типа ВД — вместимостью 3,3; 5,6 и 8 м³; вагонетки типа ВБ — вместимостью 1,6; 2,5 и 4 м³; вагонетки типа ВО — вместимостью 0,5; 0,8 и 1 м³. Тип и вместимость вагонеток принимают с учетом характера перевозимых грузов и величины грузопотока.

Эксплуатация, ремонт и осмотр вагонеток на шахтах должны производиться в соответствии с требованиями ПБ и ПТЭ. На шахте имеется мастерская, где производится смазка и ремонт вагонеток с соответствующим оборудованием для производства этих работ.

В околоствольном дворе или другом месте в шахте должен быть выделен специальный путь для отстоя, ремонта и смазки вагонеток. Смазка и ремонт вагонеток осуществляются по ежемесячно составляемому механиком ВШТ графику планово-предупредительного ремонта подвижного состава. Проверка технического состояния вагонного парка производится ежемесячно, а ремонтные осмотры — ежемесячно.

20.3. Секционные поезда

Для транспортирования угля с насыпной массой не более 1,2 т/м³ и размерами кусков не более 400 мм по главным откаточным выработкам шахт применяют секционные поезда, состоящие из секций и тележки.

Секция включает корпус, днище, затвор, колесную пару, амортизатор. Секции стыкуются между собой специальным узлом соединения.

Тележка служит для поддержания последней секции и состоит из рамы, колесной пары, амортизаторов.

При движении секционного поезда над разгрузочной ямой путем последовательного открывания затворов днища секций осуществляется разгрузка поезда. Особенность секционных поездов — непрерывность разгрузки во время движения поезда. Разгрузка угля из секционного поезда в бункер осуществляется с помощью разгрузочного электрифицированного роликового устройства УРЭ.

На угольных шахтах СССР используются секционные поезда ПС-3,5-900. В состав каждого поезда входят 30 секций вместимостью по 3,5 м³. Грузоподъемность поезда 126 т. Длина поезда 85,4 м. Ширина колеи 900 мм. Минимальный радиус закругления рельсового пути 12 м.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое уклон равного сопротивления в горных выработках и каково его значение?
2. Каково строение рельсового пути?
3. Какие бывают грузовые вагонетки в зависимости от конструкции кузова и способа разгрузки?
4. Каковы параметры грузовых вагонеток?
5. В чем заключаются особенности конструктивного исполнения секционного поезда?

21. КАНАТНАЯ ОТКАТКА

21.1. Общие сведения

При канатной откатке перемещение вагонеток по рельсовым путям осуществляется с помощью тягового каната, приводимого в движение лебедкой.

Основными видами канатной откатки, применяемой на шахтах, являются откатка концевыми канатами и откатка бесконечным канатом.

По своему назначению канатная откатка бывает следующих видов:

для передвижения (подъема или спуска) грузов в вагонетках по наклонным выработкам с углом наклона от 5 до 30°;

для передвижения пассажирских вагонеток по наклонным выработкам с углом наклона до 80°;

для транспортирования в скипах угля или породы по наклонным выработкам с углом наклона более 18°;

для перевозки материалов, оборудования, горной массы и людей на почвенными канатными дорогами по выработкам переменного профиля с уклоном до 5°, в которых затруднена или невозможна локомотивная откатка или откатка концевым канатом;

для грузоподъемного подъема по наклонным выработкам одной подъемной установкой при условии, что для перевозки людей не требуется перепенка подъемных сосудов.

В качестве основного оборудования при канатной откатке применяются подъемные машины и лебедки. Подъемные машины устанавливаются стационарно в наклонных стволах, капитальных бремсбергах и уклонах значительной протяженности с большим объемом откатки. Во всех других выработках для канатной откатки используются лебедки.

Подъемные машины и лебедки для откатки канатом выпускаются с барабанами (одним или двумя), а также со шкивами трения. Для откатки бесконечным канатом применяют установки только со шкивом трения.

На шкиве трения канат охватывает шкив одним витком. Один конец каната прикреплен к груженому транспортному сосуду и поднимает его, другой в это же время опускает порожний сосуд. Сила трения каната о шкив значительно больше разницы в весе грузового и порожнякового концов каната. Поэтому не происходит проскальзывания каната по шкиву. В установках с бесконечным канатом шкив все время вращается в одну и ту же сторону.

21.2. Откатка канатом канатами

Основные схемы канатной откатки приведены на рис. 21.1. Откатку одним канатом (см. рис. 21.1, а) используют в наклонных выработках с углом наклона не менее 5° . При обслуживании очистных работ для получения необходимой производительности применяют откатку в вагонетках, а при углах наклона выработок больше 18° — в скипах. Перемещение вагонеток или скипа вниз производится под действием собственного веса.

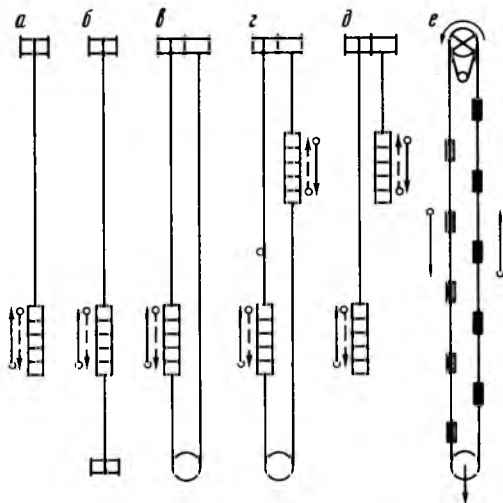


Рис. 21.1. Основные схемы канатной откатки

В выработках с углом наклона менее 5° и горизонтальных выработках, в которых неосуществимо самокатное движение, применяют откатку двумя концевыми канатами (см. рис. 21.1, б) или головным и хвостовым канатами с двухбарабанной лебедкой (см. рис. 21.1, в).

Для получения большой производительности используют откатку двумя концевыми канатами по двум параллельным наклонным путям (см. рис. 21.1, г). В выработках с углом наклона менее 5° применяют двухконцевую откатку с хвостовым канатом, при перемещении которого осуществляется возврат вагонетки. При достаточном угле наклона, когда вагонетки или скипы могут двигаться под действием собственного веса, используют двухконцевую откатку (см. рис. 21.1, д).

При откатке бесконечным канатом (см. рис. 21.1, е) на одной ветви располагаются груженные вагонетки, а на другой — порожние. Канат непрерывно находится в движении и к нему во время движения прицепляют (или отцепляют) вагонетки. Канат движется со скоростью, не превышающей 1 м/с.

Достоинства канатной откатки — простота устройства и сравнительно небольшие расходы на ее оборудование. Основной ее недостаток — низкая производительность.

21.3. Правила безопасности при канатной откатке

Хождение людей по выработке с канатной откаткой либо полностью запрещается, либо разрешается только при соблюдении требований, гарантирующих безопасность. Особенно жесткие требования в отношении безопасности работы предъявляются при канатной откатке по наклонным выработкам, когда в случае отцепки вагонеток или обрыва каната вагонетки могут скатываться. При канатной откатке параллельно бремсбергу или уклону должен быть проведен ходок. Если людского ходка нет или проход по нему временно закрыт, то на время прохода людей по бремсбергу или уклону движение вагонеток по выработке должно быть приостановлено. В местах пересечения бремсберга или уклона, оборудованного канатной откаткой, со штреком переход с одной стороны на другую допускается только с разрешения рабочего, обслуживающего данную площадку. Любые работы в уклоне или бремсберге можно производить только при остановленной канатной откатке.

В наклонной выработке с откаткой бесконечным канатом на грузовой и порожняковой ветвях должны устанавливаться ловители вагонеток. При концевой откатке применяются съемные ловители, навешиваемые на вагонетки.

На приемных площадках устраиваются задерживающие стопоры, а ниже и выше стопоров устанавливаются барьеры. Нормальное положение стопоров и барьеров — закрытое.

Сцепные и прицепные устройства должны иметь необходимый запас прочности и не допускать самопроизвольного расцепления.

1. Каковы основные виды канатной откатки?
2. Каковы достоинства и недостатки канатной откатки?
3. В чем заключаются правила безопасности при эксплуатации средств канатной откатки?

22. ЛОКОМОТИВНАЯ ОТКАТКА

22.1. Общие сведения

Откатка грузов и перевозка людей поездами по рельсовым путям с использованием в качестве тягового средства локомотивов является основным видом подземного транспорта по горизонтальным и слабонаклонным выработкам угольных шахт.

Составленный (сформированный) по определенным правилам ряд грузовых или пассажирских вагонов, предназначенных для перевозки людей или грузов, называют *с о с т а в о м*, состав сцепленных между собой и локомотивом вагонов с навешенным на концевом вагоне хвостовым сигналом — *п о е з д о м*.

В зависимости от вида используемой двигателем локомотива энергии последние делятся на электровозы, дизелевозы, гирозовы и воздуховозы.

Электровозы бывают контактные, аккумуляторные и высокочастотные. По массе локомотивы разделяют на легкие (до 5 т), средние (5—14 т) и тяжелые (свыше 14 т).

По роду выполняемой основной работы локомотивы делят на магистральные, служащие для откатки по главным выработкам, и маневровые, работающие на сборочных пунктах, в промежуточных выработках и на вспомогательных транспортных операциях.

С учетом конструктивного исполнения электровозы бывают:

контактные, исполнения РН. Они предназначены для применения в шахтах, не опасных по газу или пыли, и в выработках со свежей струей шахт I и II категорий по газу или опасных по пыли;

аккумуляторные, исполнения РП. Они предназначены для шахт I и II категорий по газу или опасных по пыли; могут применяться также в шахтах III категории и сверхкатегорных по газу при соблюдении определенных условий;

взрывобезопасные аккумуляторные и высокочастотные. Они предназначены для шахт любой категории по газу и опасных по пыли, а также по внезапным выбросам.

22.2. Условия применения контактных и аккумуляторных электровозов

Контактный электровоз получает электроэнергию от контактного провода через токоприемник. Обратным проводом служат рельсы и кабель, по которому ток возвращается к источнику. Контактный электро-

воз представляет собой надежную машину для работы в тяжелых условиях. Недостатком контактного электровоза является то, что при движении между контактным проводом и токоприемником возникает искрение, вследствие чего применение его ограничивается выработками, не опасными по газу или пыли.

Питание аккумуляторных электровозов осуществляется от аккумуляторных батарей, которые находятся на электровозе. Это позволяет применять указанный тип электровозов в атмосфере, содержащей метан и угольную пыль. Недостаток аккумуляторного электровоза — ограниченный запас энергии, обычно на одну смену работы, большие затраты на эксплуатацию, чем контактного электровоза. В настоящее время из всех электровозов, применяемых на шахтах, на долю аккумуляторных приходится около 70%.

Обычно в шахтном электровозе на каждую колесную пару передается тяговое усилие от отдельного электродвигателя. Вес локомотива, приходящийся на ведущие оси, называют сцепным весом и выражают в кН.

В угольной промышленности применяются контактные электровозы типа КР и К и аккумуляторные электровозы типа АРВ и АРП. Буквы обозначают: КР — контактный рудничный, К — контактный, АРВ — аккумуляторный рудничный взрывобезопасный, АРП — аккумуляторный рудничный в исполнении повышенной надежности.

Электромеханическое оборудование контактных и аккумуляторных электровозов принципиально одинаково. Отличие заключается в источнике питания и подводе энергии.

К механическому оборудованию электровозов относятся рама, ходовая часть, рессорная подвеска, тормозная система, песочная система, буферы, сцепки и тяговая передача. На аккумуляторных электровозах имеются еще ящики для аккумуляторной батареи. Все шахтные электровозы оборудуются тормозами с ручным управлением. Для подачи сигналов в кабине машиниста имеется звонок.

Электрическое оборудование электровоза состоит из тяговых двигателей, аппаратуры управления, осветительной аппаратуры, защиты двигателей. К оборудованию контактных электровозов относятся также токоприемники, а аккумуляторных — аккумуляторные батареи.

На электровозах применяют двигатели постоянного тока с последовательным возбуждением. По сравнению с двигателями параллельного возбуждения они обладают большим пусковым моментом и перегрузочной способностью, автоматическим регулированием скорости в зависимости от нагрузки.

Контактные электровозы 4КР-1 и 7КР-1У предназначены для откатки составов по участковым откаточным выработкам, а электровозы К-10 и К-14 (рис. 22.1) — по главным откаточным выработкам шахт. Контактный электровоз КТ-14 с тиристорной системой управления тяговым двигателем заменит электровозы К-14. Электровозы этого типа отличаются повышенной мощностью и автоматическим управлением основных стадий движения — разгоном, замедлением и стабилизацией скорости

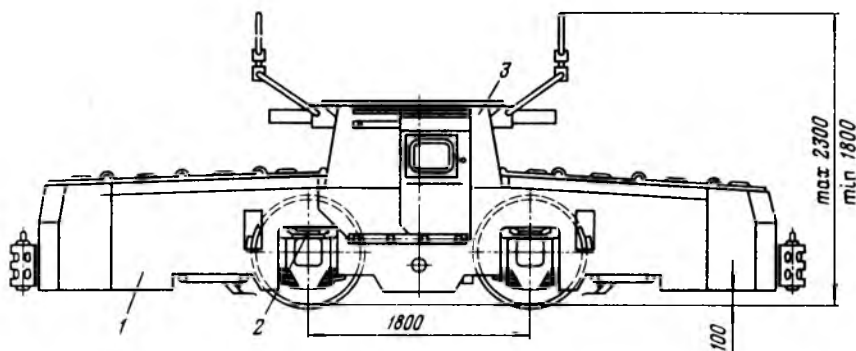


Рис. 22.1. Контактный рудничный электровоз К-14:

1 — рама; 2 — ходовая часть; 3 — кабина

движения. Конструкция электровоза КТ-14 позволяет одному машинисту управлять двумя или даже тремя электровозами. Объединенные механическим сцепным устройством два электровоза КТ-14 образуют электровоз КТ-28.

На шахтах, опасных по газу или пыли, для откатки составов вагонеток применяют аккумуляторные электровозы АМ-8Д, 2АМ-8Д (состоит из двух электровозов АМ-8Д, соединенных между собой жесткой сцепкой).

В главных откаточных выработках шахт, опасных по газу или пыли, используют электровозы АРП-10-600 на колею 600 мм и АРП-14-900 на колею 900 мм. Агрегат из двух электровозов АРП-14 с механической сцепкой образует электровоз АРП-28. Кроме вышеуказанных электровозов для шахт, опасных по газу или пыли, выпускаются также электровозы 4,5АРП-2М на колею 550, 575, 600, 750 и 900 мм. Электровозы типа АРП выпускаются в рудничном исполнении повышенной надежности.

В рудничном взрывобезопасном исполнении для применения в откаточных выработках угольных шахт, опасных по газу или пыли, выпускаются аккумуляторные электровозы 5АРВ-2М на колею 550, 575, 600 и 900 мм. В ближайшей перспективе электровоз 5АРВ-2М будет заменен электровозом АРВ-7, имеющим большую массу, тяговое усилие, скорость движения, мощность электродвигателя и жесткость базы.

Для откатки вагонеток из забоев подготовительных выработок до главных откаточных штреков в шахтах, опасных по газу или пыли, используют малогабаритный электровоз АК-2У.

Отечественной промышленностью выпускается высокочастотный электровоз В-14-900, предназначенный для откатки составов вагонеток по главным откаточным выработкам шахт, опасных по газу или пыли, где разрешена эксплуатация локомотивов в исполнении повышенной надежности. Ходовая часть локомотива выполнена на базе аккумуляторного электровоза АРП-14-900. Электровоз обеспечивает прием от

тяговой линии электромагнитной энергии повышенной частоты и преобразование ее в электрическую энергию постоянного тока, которая используется для питания двигателей в системе привода электровоза. Прием электромагнитной энергии осуществляется через приемное устройство, которое установлено в верхней части электровоза. Между приемным устройством и кабелями тяговой линии существует воздушный зазор, равный 50 мм.

22.3. Краткие сведения о гировозах, воздуховозах и дизелевозах

Инерционный локомотив — гировоз приводится в движение энергией, аккумулированной в установленном на локомотиве вращающемся маховике.

В СССР выпускаются гировозы типа ГР на колею 600 и 900 мм. Раскручивание маховика осуществляется через зубчатую передачу от пневмодвигателя, подключаемого периодически к проложенной вдоль откаточной выработки пневмосети. Подача энергии от вращающегося маховика к колесным парам происходит через зубчатую и цепные передачи. Подключение маховика при движении локомотива и отключение на стоянках осуществляется конусной муфтой от рукоятки управления.

Достоинство гировозов — полная взрывобезопасность, а недостаток — малый запас хода с одной подзарядки.

Преимущественная область применения гировозов — транспортные операции в выработках с исходящей струей воздуха и в подготовительных выработках, проветриваемых с помощью вентиляторов местного проветривания, на шахтах III категории и сверхкатегорийных по газу, а также в выработках на пластах, опасных по внезапным выбросам и суффлярным выделениям метана.

Воздуховозы (рис. 22.2) приводятся в движение сжатым воздухом, подаваемым из установленных на локомотиве баллонов. Из баллонов сжатый воздух подается через систему редукционных клапанов в одноцилиндровые двигатели, от которых через кривошипно-шатунный механизм вращение передается ведущим парам.

Баллоны, находящиеся на воздуховозе, неоднократно заряжают в течение смены. Возможно использование съемных баллонов. Достоинство воздуховозов — полная взрывобезопасность, недостатки — большой расход воздуха и низкий к. п. д.

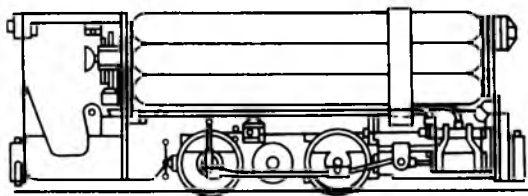


Рис. 22.2. Воздуховоз

Дизелевозы приводятся в движение от четырехтактного дизеля с водяным охлаждением. Дизельный двигатель снабжен устройством для очистки выхлопных газов. Для запуска дизеля используется взрывобезопасное пневмогидравлическое устройство. Очистка и охлаждение выхлопных газов осуществляются в комбинированном нейтрализаторе. Основным недостатком дизельных локомотивов является загрязнение рудничной атмосферы выхлопными газами.

Назначение гирозовозов, воздуховозов и дизелевозов такое же, что и аккумуляторных электровозов во взрывобезопасном исполнении — перевозка людей и грузов по горизонтальным выработкам шахт III категории и сверхкатегорий по газу, опасных по внезапным выбросам и сульфурным выделениям метана.

22.4. Организация работы внутришахтного транспорта при локомотивной откатке

Для удовлетворения нужд предприятия в перевозках локомотивным транспортом необходимо наличие расчетного числа единиц подвижного состава (локомотивов и вагонеток различного назначения).

Расчет потребного числа локомотивов и вагонеток производится исходя из установленных нормативов и сложившейся на шахте конкретной обстановки на планируемый период. Общее число единиц подвижного состава данного вида (электровозы, вагонетки, платформы) определяются суммарным их количеством, находящимся в работе, ремонте и в резерве. Размер резерва рекомендуется устанавливать на уровне 10% числа единиц, находящихся в работе.

Работы по поддержанию всего транспортного хозяйства ВШТ в технически исправном состоянии и удовлетворяющем требованиям безопасности движения осуществляются в соответствии с графиком технического обслуживания.

Техническое обслуживание локомотивов должно производиться в подземном депо, вагонеточного парка — в подземных мастерских или мастерских на поверхности шахты. С этой целью депо или мастерские должны иметь соответствующие камеры, необходимое оборудование и запасные части.

Под термином «путевое развитие» понимают схему развития рельсовых путей на конкретном горизонте или на поверхности шахты. По экономическим соображениям общая протяженность рельсовых путей должна быть как можно короче. Однако пропускная способность однопутного участка выработки в несколько раз меньше двухпутного и не всегда может обеспечивать проход необходимого количества поездов.

Непосредственное руководство работой внутришахтного транспорта в течение рабочей смены осуществляет диспетчер ВШТ, который в оперативном отношении подчиняется горному диспетчеру (дежурному по шахте).

Транспортный диспетчер имеет плановый диспетчерский график работы ВШТ и в течение смены ведет исполнительный (фактический)

график. В зависимости от конкретных условий снабжение забоев порожняком производится непосредственно из околоствольного двора поездным локомотивом или со сборно-сортировочного пункта маневровым локомотивом.

На сборно-сортировочный пункт, расположенный вблизи нескольких очистных забоев, порожняк доставляется, а груженный состав забирается магистральным локомотивом. Такая организация откатки обеспечивает оперативное распределение порожняка между забоями и освобождает магистральные электровозы от маневровых операций, что способствует повышению производительной работы транспорта.

В однопутных выработках с разминовками возможны три графика движения поездов. Первый график предусматривает встречное движение со скрещиванием, когда поезда проходят весь участок, встречаясь на разминовках. Если каждый локомотив работает только на определенном перегоне, то такой график движения называют эстафетным. При нем в конечных пунктах перегона составы передаются локомотивам, работающим на соседних перегонах. При сочетании элементов двух указанных графиков движения говорят о комбинированном графике.

При ожидаемой одновременной работе на одном участке четырех и более локомотивов следует проходить двухпутные выработки для разделения движения порожняковых и грузовых поездов. Интервал между двумя поездами на одном пути не должен быть менее 80 м.

Диспетчер имеет телефонную связь с машинистами локомотивов и через специальный пульт типа ТАШБ-ЦБ осуществляет связь с местами погрузки, разминовками, камерой опрокидывателя и другими пунктами ВШТ.

22.5. Правила безопасности при локомотивной откатке

Перед началом работы машинист должен осмотреть локомотив и принять его от машиниста предыдущей смены или электрослесаря депо.

Перед отправлением вновь сформированного поезда машинист должен осмотреть состав, обращая внимание на исправность вагонеток, правильность формирования состава, надежность сцепки вагонеток, общую массу и правильность размещения груза, наличие хвостового сигнала.

Во время движения электровоз должен находиться в голове состава. Расположение электровоза в хвосте состава (толкание) допускается только при выполнении маневровых и сборочных операций.

При движении по стрелочным переводам и закруглениям рекомендуется снижать скорость, а торможение поезда электровозом производить только при отключенных двигателях. Переключение с целью изменения направления движения электровоза осуществляется после его остановки.

Безопасность движения состава обеспечивается путевой сигнализацией, запрещающей въезд электровозов на занятые участки пути. Запрещается перевозить на электровозе и в грузовых вагонетках людей, превышать установленные массу состава и скорость движения, перево-

зить в пассажирских поездах смазочные, едкие и взрывчатые материалы, прицеплять к пассажирским составам грузовые вагонетки.

Вопросы для самоконтроля

1. На какие типы разделяются шахтные локомотивы в зависимости от вида применяемой энергии?
2. Из-за чего контактные электровозы не могут применяться в шахтах, опасных по газу или пыли?
3. В чем принципиальное отличие высокочастотного электровоза от контактного?
4. Каковы принцип действия и назначения гировозов?
5. Какие факторы ограничивают применение воздуховозов и дизелевозов?
6. Что входит в функции диспетчера ВПП?

23. ТРАНСПОРТ НА ПОГРУЗОЧНЫХ ПУНКТАХ, В ОКОЛОСТВОЛЬНЫХ ДВОРАХ, ПРОМПЛОЩАДКЕ ШАХТЫ. ТРАНСПОРТ МАТЕРИАЛОВ И ОБОРУДОВАНИЯ

23.1. Погрузочные и перегрузочные пункты

П о г р у з о ч н ы м п у н к т о м называется специально оборудованное место, где груз впервые помещается на транспортное средство для доставки к месту переработки или потребления.

П е р е г р у з о ч н ы й п у н к т — специально оборудованное место на пути движения груза к месту переработки или потребления, где происходит промежуточная перевалка его с одного транспортного средства на другое.

Поскольку характер операций, выполняемых на этих пунктах, отличается незначительно, в дальнейшем используется термин «погрузочный пункт».

По продолжительности эксплуатации погрузочные пункты бывают стационарные, полустационарные и временные, по степени механизации выполняемых работ — автоматизированные, механизированные и пункты с ручной откаткой вагонеток.

Кроме того, погрузочные пункты отличаются друг от друга наличием или отсутствием погрузочных емкостей, механическим оборудованием, путевым развитием и способом обмена груженных составов на порожние, грузоподъемностью подъемно-транспортного оборудования.

Общее требование к погрузочным пунктам — их производительность должна превышать максимальную производительность обслуживаемых производственных объектов (очистного забоя, панели или крыла шахты) не менее чем в 1,3 раза.

О б м е н н ы м п у н к т о м называется место в горной выработке, в котором осуществляется обмен груженных вагонеток на порожние для их последующей подачи на погрузочный пункт.

К оборудованию погрузочных, перегрузочных и обменных пунктов относятся механизированные бункера, питатели, затворы и люки, межвагонные перекрыватели, путевые стопоры и ограничители скорости, толкатели, маневровые лебедки и опрокидыватели.

Механизированные бункеры — это устройства, применяющиеся для усреднения (сглаживания неравномерности) грузопотока и аккумуляции груза при отказах отдельных транспортных звеньев, а также для последующей доставки и перегрузки угля (породы) на магистральные транспортные линии. Вместимость бункеров 35, 60 и 200 м³ горной массы. В качестве бункеров-аккумуляторов угля в местах перегрузки с участков конвейеров на магистральные используются горные выработки (обычно вертикальные) вместимостью 130—350 м³ с разгрузкой через питатели.

Питатели применяют для равномерной и непрерывной выдачи насыпных грузов из различных аккумулирующих емкостей, например, из бункеров. Питатели, устанавливаемые под выпускным отверстием аккумулирующей емкости, представляют собой короткий конвейер или другие специальные устройства. По конструктивному исполнению различают питатели ленточные, пластинчатые, скребковые, качающиеся и вибрационные. Питатели отличаются от одноименных конвейеров меньшей длиной и способностью выдерживать значительные нагрузки на грузонесущий орган.

Дозаторы представляют собой устройства циклического действия, служащие для выдачи из бункера определенной порции насыпного груза. Затвором называется устройство, устанавливаемое у выпускного отверстия загрузочных и перегрузочных пунктов для регулирования и перекрытия подачи горной массы.

Люком называется расположенное в нижней части выпускной воронки устройство, через которое производится выпуск и погрузка отбитой горной массы в вагонетки или на конвейер. Для управления грузопотоком горной массы люки оборудуются затворами и питателями.

По принципу действия все затворы подразделяются на две группы: с отсечением струи груза; с созданием подпора струи. К первой группе относятся шиберные, секторные, челюстные, пальцевые и гусеничные затворы, ко второй — лотковые и конусные.

Для предотвращения просыпания угля, непрерывно поступающего с забойного конвейера, в зазор между кузовами вагонеток при передвижении состава под погрузочным пунктом применяют различные межвагонеточные перекрыватели. Наиболее часто применяют перекрыватели, выполненные в виде перекидных лотков или двухрукавных воронок.

Путевые стопоры служат для задержки вагонеток и регулирования их поступления в опрокидыватели, клетки и т. д. Они задерживают вагонетки, скорость самокатного движения которых не превышает 1,2 м/с. При больших скоростях применяют путевые тормоза и гасители скорости. Стопоры для вагонеток в зависимости от назначения подразделяют на задерживающие и дозирующие.

Гасители скорости используют для уменьшения скорости движущихся

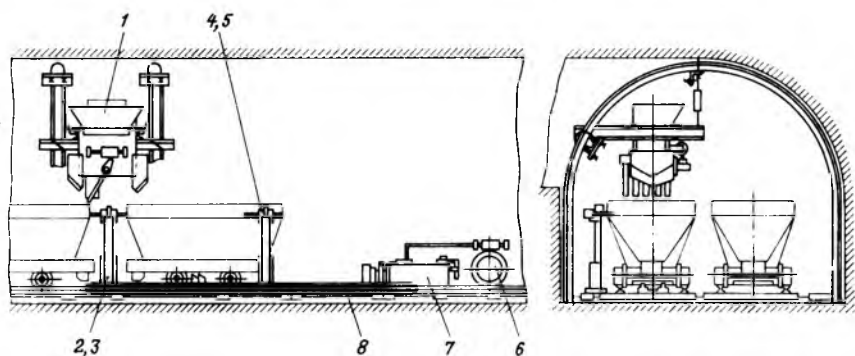


Рис. 23.1. Автоматизированный комплекс погрузочного пункта КАП

самокатом вагонеток без их полной остановки. Обычно их устанавливают перед стопорами или перед криволинейными участками пути.

Толкатели предназначены для передачи движения отдельным вагонеткам или целым составам на погрузочных пунктах или околоствольных дворах. Принцип действия толкателя — захват вагонетки кулаком снизу за подвагонный упор, ось, буфер или сверху за кузов и проталкивание вагонетки на короткое расстояние. В зависимости от времени работы на одном месте толкатели разделяют на стационарные и передвижные.

Для механизации и автоматизации работ по загрузке шахтных грузовых вагонеток и секционных поездов на погрузочных пунктах угольных шахт, опасных по газу или пыли, разработан автоматизированный комплекс КАП (рис. 23.1), включающий толкатель, перекрыватель межвагонного пространства 1, блок датчиков 2—5, электрооборудование 6, насосную станцию 7 и разводку трубопроводов 8.

Комплекс устанавливается в горизонтальных выработках с путевым развитием, обеспечивающим одностороннее движение вагонеток на участке пути, примыкающим к точке погрузки. В зависимости от типа загружаемых вагонеток и ширины колеи комплекс КАП имеет два типоразмера. Пропускная способность комплекса не более 600 т/ч при скорости проталкивания 0—0,36 м/с. Эти комплексы будут заменять применяемые в настоящее время автоматизированные погрузочные пункты типа ГУАПП.

При конвейерном транспорте не менее чем при рельсовом важен широкий диапазон производительности питателя под бункером-аккумулятором. Минимальная производительность необходима в тех случаях, когда магистральный конвейер почти полностью загружен углем, поступающим из других забоев, а в случае недостаточной загрузки магистрального конвейера другими пользователями питатель должен обеспечивать максимальную пропускную способность при выгрузке бункера-аккумулятора.

23.2. Транспорт в околоствольных дворах

На конструкцию и объем выработок околоствольного двора в значительной степени влияют тип и вместимость вагонетки, а также тип электровоза. Чем меньше вместимость вагонетки, тем длиннее состав поезда для перевозки одинакового количества груза и тем более длинными должны быть приемные и отправительные пути для поездов.

Опрокидные вагонетки требуют околоствольных дворов большего объема, чем вагонетки с разгрузкой через дно. Наименьший объем околоствольного двора при локомотивной откатке требуется при применении современных саморазгружающихся вагонеток. Большинство существующих шахт оборудовано вагонетками с глухим кузовом. Для работы с такими вагонетками необходимо иметь дополнительные устройства и механизмы. Некоторые из этих устройств необходимы также для обслуживания клетевых подъемов.

В околоствольных дворах для облегчения движения вагонеток часто устраивают самокатные пути. Для подъема вагонеток на высоту, потерянную при самокатном движении, применяют компенсаторы высоты.

Опрокидыватель предназначен для разгрузки вагонетки с глухим кузовом. По способу разгрузки опрокидыватели выполняют круговыми, боковыми со штоковым рабочим органом, боковым с поворотной платформой или лбовыми. Одновременно возможна разгрузка одной или нескольких вагонеток. Наибольшее распространение получили круговые опрокидыватели.

23.3. Технологические комплексы на поверхности шахт

Угольный и породный комплекс на поверхности шахт компануют по одной из трех схем: высотной, горизонтальной и смешанной. Высотная схема обеспечивает наибольшую компактность промплощадки, так как позволяет максимально приблизить погрузочные пункты угля и породы к соответствующим стволам, требует наименьшего количества транспортных механизмов.

Угольный комплекс включает в себя также весовое хозяйство для определения массы отгруженного угля, а также механизированный пробоотборник для определения качества отгружаемого угля.

Наиболее проста схема угольного комплекса, когда поднятый на поверхность уголь ссыпается в приствольный бункер, откуда он конвейером доставляется к месту погрузки в железнодорожные вагоны (так называемая безбункерная схема погрузки). Главный ее недостаток — полная зависимость работы шахты от наличия порожних железнодорожных вагонов. Такая схема погрузки применяется на шахтах небольшой производственной мощности.

На подавляющем большинстве шахт применяется бункерная схема погрузки со складом товарного угля (рис. 23.2). Вместимость погрузочных бункеров, число погрузочных железнодорожных путей определяются из того расчета, чтобы поезд был полностью загружен не более чем за 2 ч.

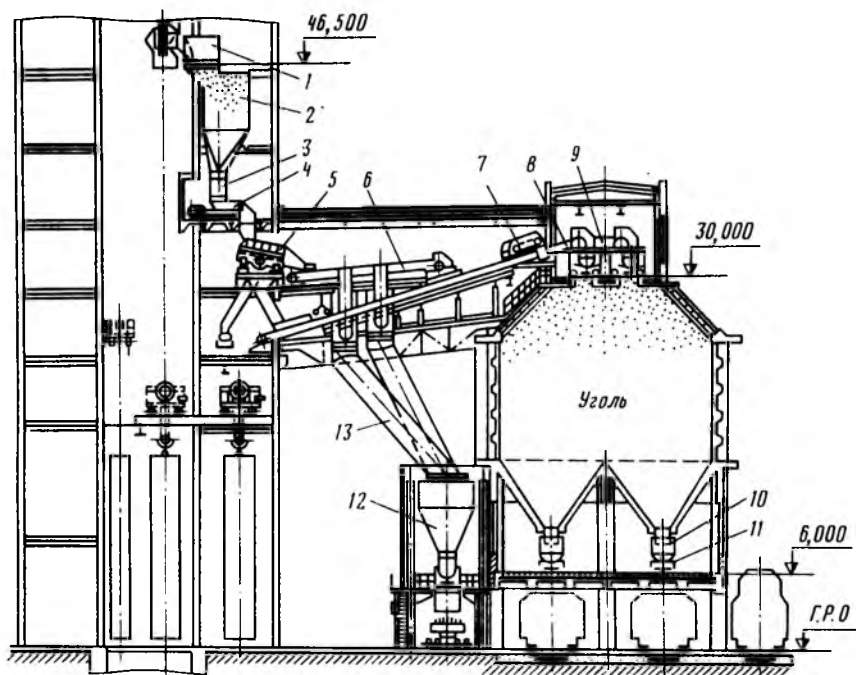


Рис. 23.2. Технологический комплекс главного ствола при бункерной погрузке угля:

1 — приемная воронка двухскипового подъема; 2 — приемные бункеры на конре; 3 — труба герметизации слоем угля; 4 — качающийся питатель; 5 — грохот ГИТ-51; 6, 8, 9, 11 — ленточные конвейеры соответственно для выборки посторонних предметов, подачи угля в бункер, загрузки бункеров, погрузки в железнодорожные вагоны; 7 — пробоотборник; 10 — качающийся питатель; 12 — бункер для дерева и металла; 13 — желоба для дерева и металла

Склад товарного угля располагается рядом с погрузочными бункерами. При заполненных бункерах и отсутствии порожняка уголь аккумулируется на складе. Подача угля со склада на погрузку производится конвейером обратной подачи, хвостовой конец которого находится в подземной галерее под складом угля. В потолке галереи имеются окна-люки, через которые уголь со склада поступает на конвейер обратной подачи. Такой склад называется складом полубункерного типа.

С целью уменьшения потерь угля в результате выдувания и предотвращения пылеобразования при его складировании, погрузке и транспортировании места погрузки и складирования угля выбираются с учетом «розы ветров», на поверхности угля в вагоне создается мазутно-масляная пленка или слой из крупных кусков, уголь орошается водой со смачивающими добавками или обрабатывается пароводяной смесью.

Породный комплекс служит для приема породы из шахты (обо-

гатительной фабрики), погрузки ее в транспортные средства и доставки к месту складирования (в отвал).

Вместимость породного бункера (бункеров) должна равняться примерно среднесуточному объему выдаваемой из шахты породы. Бункер должен быть утеплен и иметь надежно действующие средства по борьбе с налипанием породы на стенки.

Для доставки породы в отвал используется автомобильный транспорт, реже подвесные канатные дороги и конвейерный транспорт. В исключительных случаях для доставки породы в отвал применяют железнодорожный транспорт.

В месте складирования порода должна укладываться в плоские отвалы высотой, исключающей возможность самовозгорания отвала и естественного поддержания горения (в случае самовозгорания).

23.4. Транспорт в надшахтных зданиях и на материальных складах

Надшахтные здания и примыкающие к ним или связанные с ними рельсовыми путями вспомогательные цехи, складские и подсобные помещения составляют технологический комплекс вспомогательного (клетевого) ствола.

Надшахтное здание оборудуется устройством для автоматического или механического с дистанционным управлением обмена вагонеток в клетях. В надшахтное здание поступают предназначенные к спуску в шахту крепежные материалы и оборудование, через него проходит обслуживающий подземные работы персонал.

Спуск-подъем по стволу и перевозка по шахтным рельсовым путям длинномерных и негабаритных грузов должны производиться по специально разработанным и утвержденным главным инженером шахты правилам, учитывающим конкретные условия предприятия.

Процесс обмена вагонеток происходит на приемной площадке надшахтного здания. Схемы обмена и откатки вагонеток (платформ) на действующих шахтах довольно разнообразны и связаны с набором соответствующего оборудования надшахтных зданий, к которому относятся агрегаты для обмена вагонеток, перестановочные платформы, толкатели, столоры, опрокидыватели, поворотные платформы.

На складах крепежных материалов и оборудования для механизации погрузки применяются козловые подъемные краны грузоподъемностью 10 или 20 т.

Для погрузки материалов и оборудования небольшого веса, пакетов и контейнеров применяются авто- или электропогрузчики, тельферы и другое подъемно-транспортное оборудование.

Вопросы для самоконтроля

1. Каков состав оборудования погрузочных, перегрузочных и обменных пунктов на внутришахтном транспорте?
2. В чем заключается назначение и какова вместимость механизированных бункеров?

3. Для чего служат питатели?
4. Какие средства применяются для разгрузки в околоствольном дворе ваго-
неток с глухим кузовом?
5. В чем назначение и каков состав угольного и породного комплексов на по-
верхности угольной шахты?

Часть VII

ВЕНТИЛЯЦИЯ, ОСВЕЩЕНИЕ. ПОДЗЕМНЫЕ ПОЖАРЫ И ГОРНОСПАСАТЕЛЬНОЕ ДЕЛО

24. РУДНИЧНАЯ АТМОСФЕРА

24.1. Шахтная вентиляция и ее задачи

Поступающий в подземные выработки атмосферный воздух отлича-
ется только плотностью. Если на уровне моря при температуре 0°C
масса 1 м^3 воздуха составляет 1,29 кг, то при углублении в земные недра
она при той же температуре больше.

В шахту воздух поступает, как правило, принудительно. Только в
исключительных случаях это происходит под действием естественной тяги,
возникающей при существенной разнице в высотных отметках устьев
воздухоподающих и воздухоотводящих выработок (не менее нескольких
десятков метров). Подаваемый под действием естественной тяги объем
воздуха невелик, непостоянен в количественном отношении и направ-
лению движения, зависит от времени года и суточных колебаний темпе-
ратуры. Поэтому ПБ запрещается естественное проветривание шахт.
Однако меняющееся во времени влияние природных факторов необхо-
димо учитывать при установлении режима принудительного проветри-
вания.

Подземное хозяйство современной угольной шахты включает десятки
километров горных выработок, очистные забои на пластах различной
газоносности с разной склонностью угля к самовозгоранию, множество
машин и механизмов, специальные камеры с особым режимом проветри-
вания и т. п.

Топология горных выработок непрерывно изменяется. Одни выра-
ботки удлиняются, другие ликвидируются (погашаются), вскрываются
новые пласты и подготавливаются новые горизонты. Любое изменение
горнотехнических условий в любой части подземных выработок приво-
дит в той или иной степени к изменениям параметров всей вентиляцион-
ной сети шахты. Увеличение подачи воздуха в какой-нибудь забой не-
медленно вызывает уменьшение его подачи в другие забои.

При этом во все действующие выработки шахты необходимо непре-
рывно подавать свежий воздух в необходимом количестве. Забой и вы-
работки очень быстро заполняются газом, выделяющимся из горных

пород, при прекращении подачи воздуха, что обуславливает требование абсолютной надежности и строгого контроля за вентиляцией. Для каждой шахты устанавливается особый пылегазовый режим, соблюдение которого гарантирует безопасную и производительную работу. Осуществление мероприятий по созданию надлежащей вентиляции и контроль за соблюдением пылегазового режима всеми структурными подразделениями шахты возлагаются на работников службы вентиляции и техники безопасности (ВТБ).

Главной задачей службы ВТБ является надежное обеспечение нормальных, безопасных и комфортных условий труда на подземных работах.

24.2. Состав атмосферного воздуха

Сухой атмосферный воздух при нормальном давлении содержит по объему около 78% азота, 21% кислорода и 1% других (преимущественно инертных) газов. В число последних входит углекислый газ (0,03%).

В состав атмосферного воздуха входят также водяные пары. При определенных значениях температуры и давления 1 м³ воздуха может при полном насыщении содержать лишь определенное количество влаги (абсолютная влажность). При повышении температуры способность воздуха удерживать влагу повышается, при понижении – уменьшается. Излишняя влага в виде осадков выпадает на землю.

Уровень влажности воздуха чаще характеризуют отношением фактической массы влаги, содержащейся в единице объема воздуха, к ее максимально возможной массе при данных значениях температуры и давления (относительная влажность). Относительная влажность выражается обычно в процентах и измеряется прибором, называемым психрометром.

Абсолютно сухого и чистого воздуха практически не бывает. Кроме водяных паров воздух содержит примеси (твердые частицы и газы), выбрасываемые в атмосферу различными предприятиями. Реагируя с влагой воздуха, многие примеси выпадают на землю в виде растворов соответствующих кислот, что отрицательно сказывается на растительности. В связи с этим устанавливаются предельные нормы содержания в атмосфере и естественных водоемах вредных примесей, образующихся в результате хозяйственной деятельности.

24.3. Рудничный воздух и его составные части

Атмосферный воздух, поступая в горные выработки и двигаясь по ним, изменяет свой состав. В нем уменьшается доля кислорода и увеличивается доля углекислого газа. Кроме того, он дополнительно загрязняется пылью и газами, образующимися в результате ведения горных работ и выделяющимися из полезного ископаемого и вмещающих пород. По многим компонентам рудничный воздух отличается от атмосферного. Ниже приведена характеристика основных составных частей рудничного воздуха.

Кислород (O_2) — газ без цвета, запаха и вкуса. Его плотность $1,43 \text{ кг/м}^3$ при температуре 0°C и нормальном давлении. Содержание кислорода в воздухе действующих горных выработок должно быть не менее 20% по объему. Кислород необходим для дыхания. При понижении его содержания до 17% у человека начинается одышка, сердцебиение. Концентрация кислорода ниже 12% для человека смертельна.

Азот (N) — газ без цвета, запаха и вкуса. Его плотность $1,25 \text{ кг/м}^3$. Азот является инертным газом, не поддерживающим дыхания и горения. При высокой температуре он способен соединяться с кислородом, образуя ядовитые окислы азота. Дополнительные источники поступления азота в рудничный воздух — гниение органических веществ, взрывные работы и выделение из угля и вмещающих пород. Содержание азота в рудничном воздухе не нормируется, но повышение его концентрации ведет к снижению концентрации кислорода.

Углекислый газ (CO_2), или диоксид углерода, — бесцветный газ, имеющий слегка кисловатый вкус и запах. Его плотность $1,98 \text{ кг/м}^3$. Углекислый газ не горит и не поддерживает горения, хорошо растворим в воде. Слабо ядовит. Однако при содержании 20–25% наступает смертельное отравление. Основные источники поступления углекислого газа в рудничную атмосферу — выделения из угля и горных пород, окисление угля, крепежного леса и других органических веществ, разложение кислыми шахтными водами пород типа известняков, мергелей и др. Углекислый газ образуется также при взрывах метана и угольной пыли и рудничных пожарах. В связи с тем, что углекислый газ тяжелее воздуха, он скапливается у почвы выработок.

Содержание углекислого газа в исходящих из участков и лав вентиляционных струях не должно превышать 0,5%. При проведении и восстановлении выработок по завалу допускается содержание углекислого газа не более 1%.

24.4. Ядовитые примеси в рудничном воздухе и нормы допустимого их содержания

В шахтном воздухе могут находиться газообразные ядовитые примеси из соединений углерода, серы и азота. Ядовитые примеси на основе других химических элементов встречаются в исключительных случаях.

Оксид углерода (CO) — газ, не имеющий цвета, запаха и вкуса. Его плотность $1,25 \text{ кг/м}^3$. Оксид углерода образуется при взрывных работах, подземных пожарах, взрывах метана и угольной пыли и при работе двигателей внутреннего сгорания. Он горит и взрывается при концентрации от 12,5 до 75%. Оксид углерода очень ядовитый газ.

Первые признаки отравления оксидом углерода — головокружение, чувство стеснения в груди, слабость в ногах. При вдыхании в течение 0,5–1 ч воздуха с содержанием CO 0,128% наблюдается потеря сознания. При очень высоком содержании газа (около 1%) потеря сознания и смерть могут наступить после нескольких вдохов. Допустимое содержание оксида углерода в рудничном воздухе по объему — не более 0,0017%.

Сероводород (H_2S) — бесцветный газ со сладковатым вкусом и запахом тухлых яиц. Его плотность $1,54 \text{ кг/м}^3$. Запах сероводорода ощутим при его содержании в воздухе $0,0001\%$. Сероводород сильно ядовит, оказывает раздражающее действие на слизистые оболочки глаз и дыхательных путей. По отравляющей силе 1 л сероводорода равен $2,5 \text{ л}$ оксида углерода. Допустимое содержание сероводорода в рудничном воздухе по объему не более $0,00071\%$. В шахте сероводород образуется при гниении древесины, разложении колчедана, гипса и размыве шахтными водами содержащих серу пород, горении огнепроводного шнура.

Диоксид серы (SO_2), или сернистый газ, — бесцветный газ с кисловатым вкусом и сильно раздражающим запахом горячей серы. Его плотность $2,86 \text{ кг/м}^3$. Диоксид серы очень ядовит. По отравляющему действию на организм 1 л его приравнивается к $2,5 \text{ л}$ оксида углерода. Предельное содержание диоксида серы по объему равно $0,00038\%$.

Диоксид азота (NO_2) — газ без вкуса, красно-бурого цвета, с чесночным запахом. Его плотность $2,06 \text{ кг/м}^3$. Диоксид азота очень ядовит. Содержание диоксида азота в воздухе по объему должно быть не более $0,00026\%$. По отравляющему воздействию на организм 1 л этого газа приравнивается к $6,5 \text{ л}$ оксида углерода. Отравление диоксидом азота проявляется через $4\text{—}20 \text{ ч}$.

В рудничном воздухе встречаются и другие ядовитые примеси. Перед допуском людей в выработку после взрывных работ содержание вредных газов (CO , H_2S , SO_2 , NO_2) по объему не должно превышать $0,008\%$ в пересчете на условную окись углерода.

24.5. Взрывчатые примеси в рудничном воздухе и нормы их допустимого содержания

В состав рудничного воздуха могут входить горючие газы, которые при соответствующей концентрации в воздухе образуют взрывчатую смесь. К таким газам относятся углеводороды (главным образом метан) и водород.

Метан (CH_4) — газ без цвета, запаха и вкуса. Его плотность $0,72 \text{ кг/м}^3$. Вследствие малой плотности он скапливается в восстающих выработках и у кровли горизонтальных выработок. При небольших концентрациях метан физиологически безвреден, при больших — опасен вследствие уменьшения относительного содержания кислорода в воздухе. Метан способен гореть при содержании его в воздухе до $5\text{—}6\%$. При концентрации от $5\text{—}6$ до $14\text{—}16\%$ он образует с воздухом взрывчатую смесь. При содержании свыше $14\text{—}16\%$ метан не взрывается и не горит из-за недостатка кислорода. Наибольшую силу взрыв имеет при содержании метана $9,5\%$.

Взрыв метановоздушной смеси вызывается открытым огнем (применение открытого огня в газовых шахтах запрещено) и электрической искрой (все электрические установки в газовых шахтах должны иметь взрывобезопасное исполнение). Взрыв метана может произойти также в результате взрывных работ. Поэтому при взрывных работах разреша-

Таблица 24.1

Категория шахты по метану	Относительная метанообильность шахты, м ³ /т
I	До 5
II	От 5 до 10
III	От 10 до 15
Сверхкатегорные	15 и более; шахты, опасные по суфлярным выделениям
Опасные по внезапным выбросам	Шахты, разрабатывающие пласты, опасные по внезапным выбросам угля и газа; шахты с выбросами породы

ется использовать только ВВ и СВ, допущенные к применению в шахтах, опасных по газу.

Температура воспламенения метана обычно равна 650—750 °С.

Метан выделяется из угля и вмещающих пород. Газовыделение характеризуется абсолютной и относительной газообильностью. Абсолютная газообильность (метанообильность) — количество метана (м³), выделившееся в горные выработки в единицу времени, относительная — количество выделившегося за определенное время метана (м³), отнесенное на количество добытого за это время угля.

В зависимости от относительной метанообильности шахты делятся на пять категорий (табл. 24.1).

Содержание метана по объему в атмосфере горных выработок не должно превышать: в вентиляционной струе, исходящей из очистной или тупиковой выработки, камеры, выемочного участка, 1%; в вентиляционной струе, исходящей из крыла и шахты, 0,75%; в подаваемой на выемочный участок, в очистные выработки, забои тупиковых выработок и камеры 0,5%. Концентрация газа в местных скоплениях метана в очистных, подготовительных и других выработках не должна быть больше 2%.

Существует три вида выделения метана: обыкновенное, суфлярное и внезапное. Под обыкновенным понимается медленное, но непрерывное выделение метана из микротрещин и пор в угле и породе, под суфлярным — выделение свободного метана из трещин и пустот, под внезапным — практически мгновенное концентрированное выделение метана, как правило, сопровождающееся выбросами угля (часто вместе с породой).

Суфлярные выделения отличаются по объему поступающего в выработку метана, его давлению (достигает 2 МПа) и длительности действия (от нескольких часов до нескольких месяцев).

При внезапных выбросах происходит заполнение действующих горных выработок мелким углем, породой и газом, иногда на всю их длину.

Водород Н₂, имеющий плотность 0,09 кг/м³, взрывается при содержании в воздухе от 4 до 74%. Он легко воспламеняется. Концентрация водорода по объему менее 0,5% считается безопасной. Водород выделяется из пород и углей высокой степени метаморфизма.

24.6. Понятие о газовом режиме. Контроль за составом рудничного воздуха

Шахты, в которых зафиксировано выделение метана, переводятся на газовый режим, предусматривающий дополнительные требования по технике безопасности, перечень которых устанавливается ПБ. Эти требования относятся ко всем операциям технологического цикла и устанавливают особые нормы и правила поведения работающих людей. Чем больше категорность шахты, тем больше объем ограничений и жестче контроль за их исполнением. Наиболее строги требования к производству работ на шахтах с суфлярными выделениями метана и шахтах, опасных по внезапным выбросам угля, газа и породы.

В зависимости от категории шахты ПБ устанавливают кто, где и когда должен контролировать состав рудничного воздуха. Существует два вида контроля — периодический и постоянный. Периодический контроль осуществляется переносными приборами на месте контроля или отбором проб с последующим их анализом в лаборатории. Постоянный контроль организуется в местах, особо опасных по возможным скоплениям метана (тупиковые забои, зоны работы очистных и проходческих машин и т. п.). Постоянный контроль осуществляется с помощью специальных переносных или стационарных приборов и аппаратов непрерывного действия. Эти приборы и аппараты обеспечивают не только непрерывный контроль концентрации метана в местах установки датчиков, но и автоматически отключают электроэнергию на контролируемом участке при опасной концентрации метана с немедленным включением аварийной и световой сигнализации.

Для периодического контроля состава рудничного воздуха применяют интерферометры ШИ-3, ШИ-5 и ШИ-6. Интерферометры ШИ-3 и ШИ-5, которые заменяются усовершенствованной моделью ШИ-11, предназначены для определения содержания метана и углекислого газа в рудничном воздухе в диапазоне 0—6%. Прибор ШИ-6 позволяет кроме двух указанных компонент определять еще и содержание кислорода в диапазоне 5—20,9%.

Принцип действия этих приборов основан на том, что при прохождении лучей света через камеры, заполненные исследуемым и чистым эталонным воздухом, вследствие разности показателей преломления, обусловленной различной плотностью газовых компонентов, возникает интерференционная картина. По смещению интерференционной картины устанавливается содержание исследуемого газа.

Анализ проб воздуха в лабораторных условиях позволяет более точно определять содержание кислорода, углекислого газа, оксида углерода, метана, водорода и других компонентов рудничного воздуха. Для более полной характеристики состояния проветривания в местах отбора проб, посылаемых на лабораторный анализ, одновременно с отбором пробы замеряется расход воздуха по выработке.

В настоящее время в нашей стране созданы опытные образцы быстродействующих анализаторов метана АТБ и индивидуальных метансигна-

лизаторов с двухуровневой сигнализацией СМС-2. По ряду параметров эти приборы превосходят свои зарубежные аналоги. Создается унифицированный комплекс аппаратуры «Метан-М» для контроля низких и высоких концентраций метана, определения скорости воздушного потока, параметров дегазационных систем и диагностики.

Для экспресс-определения концентрации оксида углерода, диоксида серы, сероводорода, оксидов азота, углекислого газа и кислорода в рудничном воздухе предназначаются химические переносные газоопределители типа ГХ. Прибор состоит из набора запаянных стеклянных трубок и ручного меха для протягивания воздуха через трубку. В трубке помещается химический реактив, изменяющий свой цвет при протягивании через него определенного газа.

На некоторых негазовых шахтах для определения содержания кислорода и углекислого газа пользуются бензиновыми лампами (лампа Вольфа). Уровень содержания указанных газов устанавливают по высоте пламени лампы.

24.7. Рудничная пыль

В горных выработках пыль образуется при отделении угля и горных пород от массива и транспортировании горной массы.

Пыль различного минерального состава создает повышенную загрязненность рудничной атмосферы, нередко значительно превышающую предельно допустимую концентрацию. Наличие пыли в рудничном воздухе нежелательно, так как прежде всего она вредна для здоровья. Кроме того, пыль некоторых полезных ископаемых (например, каменного угля или сульфидных руд), находясь во взвешенном состоянии, может образовывать с воздухом взрывчатую смесь. Профессиональную вредность представляет пыль с частицами диаметром менее 10 мк и особенно менее 2 мк. Во взрыве принимают участие частицы размером до 1000 мк (1 мм) в поперечнике.

Рудничная пыль по действию на организм человека делится на ядовитую (свинцовая, ртутная и др.) и неядовитую (угольная, породная и др.). Неядовитая угольная и породная пыль, попадая в организм человека, может вызвать легочные заболевания, называемые *пневмокониозами*. Пневмокониоз, вызванный вдыханием запыленного воздуха, содержащего свободную двуокись кремния называют *с и л и к о з о м*, а содержащего угольную пыль — *а н т р а к о з о м*.

По действующим санитарным нормам запыленность воздуха в подземных выработках не должна превышать 1 мг/м³ при содержании в породной пыли более 70% свободного диоксида кремния (SiO₂), 2 мг/м³ при содержании в породной пыли от 10 до 70% свободного диоксида кремния, 4 мг/м³ при содержании в угольной пыли до 10% свободного диоксида кремния и 10 мг/м³ при угольной пыли, не содержащей свободного диоксида кремния.

При невозможности обеспечения этих норм персонал должен работать в противопылевых респираторах.

Взрывчатость угольной пыли зависит от содержания в ней летучих веществ, зольности, влажности, тонкости и концентрации пыли. Взрывчатой считается угольная пыль, содержащая более 10% летучих, имеющая зольность и влажность менее 40%, размер частиц менее 0,1 мм, при концентрации 10—3000 г/м³. Для определения взрывчатости пыли уголь каждого пласта подвергают специальным исследованиям.

Опасность возникновения взрыва создается при следующих условиях: содержании в воздухе взвешенной пыли взрывоопасной концентрации; наличии в выработке осевшей и несвязанной угольной пыли, которая первоначальным взрывным импульсом может быть поднята в воздух с последующим ее взрывом; скоплении метана, понижающего нижний предел взрывной концентрации пыли; наличии потенциального источника воспламенения пылегазовоздушной смеси.

Непосредственные причины взрыва угольной пыли: открытое пламя, вспышка или взрыв газа, взрывные работы, неисправность в электрических сетях и установках, разряды статического электричества и др.

Для борьбы с угольной пылью на всех шахтах осуществляются мероприятия по комплексному обеспыливанию. На каждом участке шахты работы по борьбе с пылью ведутся в соответствии с паспортом противопылевых мероприятий, утверждаемым главным инженером шахты. На шахтах, разрабатывающих опасные по взрывам пыли пласты, вводятся дополнительные меры безопасности, устанавливается особый пылевой режим.

Основными способами борьбы с пылью на угольных шахтах являются предварительное увлажнение угольного массива, орошение источников пылеобразования, пылеулавливание и пенное пылеподавление.

Увлажнение угольного массива осуществляется путем нагнетания воды и растворов смачивателей в пласт под высоким (с помощью насосных установок) или низким (с использованием противопожарного трубопровода) давлением. Орошение источников пылеобразования производится подачей жидкости в зону разрушения. Так, новые очистные комбайны РКУ-10 и РКУ-13 оснащены системой внутреннего орошения с синхронной подачей воды на резцы, соприкасающиеся с массивом угля. Проходческие и очистные (для пологих пластов мощностью более 1,6 м) комбайны и стационарные погрузочно-перегрузочные пункты оборудуются системами пылеулавливания.

Пылевзрывозащита горных выработок осуществляется путем побелки и мокрой уборки выработок, связывания пыли смачивающе-связывающими составами, создания в выработках туманообразующих завес из тонкодиспергированной воды. Локализация взрывов угольной пыли производится с помощью основных и рассредоточенных водяных заслонов и систем автоматического взрывогашения.

Для оперативного дистанционного контроля запыленности воздуха создана система типа АДКЗ, позволяющая осуществлять непрерывный контроль одновременно в 16 точках выработки. В практике для контроля за запыленностью воздуха широко используются приборы аспирационного типа.

1. Какие факторы оказывают влияние на естественное проветривание шахт?
2. В чем заключаются основные задачи службы ВТБ на шахте?
3. Что такое относительная влажность воздуха?
4. Какие компоненты загрязняют рудничный воздух?
5. В чем заключаются особенности метановоздушных смесей?
6. Что такое относительная метанообильность угольной шахты и на какие категории по газу разделяются шахты?
7. Какие применяются средства контроля за составом рудничного воздуха?
8. Как называются легочные заболевания, вызываемые угольной и породной пылью?
9. Каковы основные способы борьбы с пылью на угольных шахтах?

25. ДВИЖЕНИЕ ВОЗДУХА В ГОРНЫХ ВЫРАБОТКАХ, ВЕНТИЛЯЦИОННЫЕ УСТРОЙСТВА, ПРОВЕТРИВАНИЕ ВЫРАБОТОК

25.1. Причины, вызывающие движение воздуха по выработкам

По горным выработкам шахты воздух движется за счет разницы давления между входом и выходом вентиляционной струи, создаваемой с помощью вентиляционных установок. Необходимую разницу давления можно обеспечить тремя способами: путем нагнетания воздуха, путем отсасывания его из шахты и путем одновременного нагнетания и отсасывания. В первых двух случаях в шахте создается соответственно избыточное и уменьшенное по отношению к естественному давление. В третьем случае (при одновременном действии вентиляционных установок на входе и выходе вентиляционной струи) давление воздуха в шахте изменяется по длине воздушной струи от избыточного до уменьшенного. В определенной точке вентиляционной струи давление воздуха будет равно естественному.

Движение воздуха по выработкам шахты возможно только в том случае, когда разность давления воздуха между устьями выработок с входящей и исходящей струей будет превышать суммарное сопротивление горных выработок на пути движения воздуха.

Разность давления (компрессия при нагнетании и депрессия при отсасывании) между конечными точками отдельной выработки длиной L (м), площадью поперечного сечения S (м²) и периметром P (м), по которой необходимо пропустить в секунду количество воздуха Q (м³), определяется по формуле

$$h = \alpha PLQ^2 / S^3 = RQ^2,$$

где h — депрессия (компрессия), Па; α — коэффициент аэродинамического сопротивления выработки, Па·с²/м²; R — аэродинамическое сопротивление, Па·с²/м³.

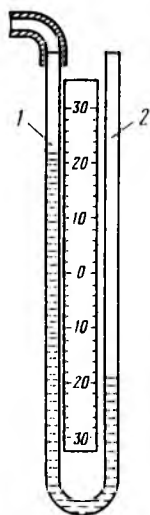


Рис. 25.1. U-образный депрессиометр:

1 — закрытый конец трубки; 2 — открытый конец трубки

Депрессия (компрессия) в данной точке выработки измеряется приборами, которые называются дифманометрами, депрессиометрами и барометрами.

Наиболее простой из этих приборов — U-образный депрессиометр (рис. 25.1). Прибор представляет собой изогнутую стеклянную трубку, заполненную дистиллированной водой (спиртом или другой незамерзающей жидкостью) до нулевой отметки. Один конец трубки соединяют гибкой трубкой (обычно резиновой) с местом, в котором необходимо измерить депрессию (канал вентилятора, вентиляционный воздуховод и т. п.). Другой конец трубки остается открытым. Под действием депрессии вода в колене поднимается. По разности уровней определяют депрессию в миллиметрах водяного столба. При использовании других жидкостей шкала измерений для удобства пользования прибором приводится к мм вод. ст.

Дифманометры (дифференциальные манометры) обычно устанавливаются на главных вентиляционных установках и снабжаются самопишущими приборами. Они довольно сложны по конструкции и требуют стационарного размещения.

Из барометров для измерения небольшой депрессии используются микробаронивелиры, применяющиеся при производстве депрессионных съемок. Депрессионная съемка заключается в измерении фактических потерь депрессии в каждой из выработок на пути движения воздуха от входа его в шахту и до выхода на поверхность.

25.2. Скорость движения воздуха по выработкам

Скорость движения воздуха по горной выработке прямо пропорциональна депрессии (компрессии) и обратно пропорциональна аэродинамическому сопротивлению выработки и квадрату площади ее попереч-

ного сечения. В каждом отдельном случае желательно найти оптимальное соотношение этих параметров, оказывающих большое влияние на экономичность проветривания, безопасность и комфортные условия труда рабочих.

Скорость воздушной струи (м/с) в выработке

$$v = Q/S,$$

где Q — подача воздуха по выработке, м³/с; S — площадь поперечного сечения выработки, м².

Предельные значения скорости движения воздуха по выработкам различного назначения регламентируются ПБ. Максимальные скорости движения воздуха находятся в диапазоне 4—15 м/с, минимальные в зависимости от температуры воздуха в выработке — в диапазоне 0,25—2,0 м/с.

Места замера скорости и определения количества проходящего воздуха, а также периодичность замеров устанавливаются ПБ и соответствующими распоряжениями администрации шахты. Запрещается производить какие-либо работы или находиться в выработках с недостаточным поступлением воздуха.

Для замера скорости воздуха служит прибор, называемый анемометром. Анемометры бывают чашечные, крыльчатые и дифференциальные. Воздушный поток заставляет вращаться чашечный узел или крыльчатку. Передаточный механизм приводит в действие счетчик оборотов. Делением числа оборотов на время замера находят частоту оборотов. Скорость движения воздуха, соответствующую данной частоте, устанавливают на прилагаемой к каждому прибору диаграмме. Зная площадь поперечного сечения выработки и скорость движения воздуха по ней, определяют расход воздуха.

Чашечный анемометр МС-13 позволяет измерять скорость в пределах 1—20 м/с, крыльчатый анемометр АСО-3 — в пределах 0,3—5 м/с. Дифференциальные анемометры применяют для измерения скоростей ниже 0,3 м/с.

Поскольку при прочих равных условиях депрессия пропорциональна подаче воздуха по выработке, то количество подаваемого воздуха можно определять по разнице депрессии. Для этого используют дифференциальные манометры с соответствующей градуировкой шкал. Такими дифманометрами снабжаются стационарные вентиляционные установки.

25.3. Вентиляционные устройства на поверхности шахты

Вентиляционные установки на поверхности разделяются на главные и вспомогательные. И те, и другие располагаются у устьев стволов, шурфов, штолен и др. Главные вентиляционные установки обслуживают всю шахту или ее значительную часть (крыло, блок, панель), вспомогательные — несколько очистных забоев с примыкающими к ним подготовительными выработками, склады ВМ, подземные электровозные гаражи, комплекс камер специального назначения и т. п.

Как правило, в состав главной вентиляционной установки входят два однотипных вентилятора, приспособленных для реверсирования (опрокидывания) воздушных потоков в необходимых случаях. Вентиляционные установки могут работать в автоматическом режиме, без постоянного присутствия обслуживающего персонала.

Для исключения обмерзания стволов и других выработок в зимнее время подаваемый в шахту воздух подогревают, пропуская через калориферную установку. В качестве теплоносителя в калориферной установке используется пар или горячая вода. Калориферная установка должна обеспечивать температуру подаваемого в шахту воздуха на сопряжении воздухоподающего ствола с нижней приемной площадкой не ниже 2°C .

Для исключения самопроизвольного изменения направления воздушной струи все пути, по которым шахтный воздух может соединиться с атмосферой, минуя вентилятор, тщательно перекрываются. В зависимости от назначения ствола (шурфа, штольни) герметизация достигается путем устройства различного рода вентиляционных перемычек со специальными проходами для пропуска людей и транспортных сосудов. Устье вентиляционного ствола (шурфа), не оборудованного средствами подъема, просто перекрывается лядами, а для прохода людей в лестничном отделении устраивается шлюзовый выход. В устье штольни также устанавливаются шлюзовые перемычки. Расстояние между шлюзовыми перемычками должно быть не менее удвоенной длины грузового поезда, которая утверждена для движения по шахтным путям.

Надшахтное здание герметизируется путем устройства шлюзовых выходов и входов. При клетевом подъеме применяются также воздушные клапаны (клапаны Бриара). Такой клапан подвешивается выше клетки и перекрывает соответствующее отделение ствола, когда клеть находится ниже устья ствола. По центру клапана через специальное отверстие проходит подъемный канат. В крайних положениях клеток одно отделение перекрывается клапаном, а другое — самой клетью.

Двери в шлюзовых перемычках герметичных надшахтных зданий, как правило, двойные, чтобы не нарушалась герметичность здания в случае реверсирования воздушной струи.

В вертикальных скиповых стволах, а также в наклонных стволах, уклонах и бремсбергах, оборудованных средствами конвейерного транспорта, образуется большое количество угольной пыли. В связи с этим указанные выработки для подачи воздуха в шахту, как правило, не используются. В некоторых случаях по ним отводится исходящая вентиляционная струя или выработки делают нейтральными в вентиляционном отношении путем изоляции от вентиляционной сети шахты.

25.4. Вентиляционные устройства в подземных выработках

Назначение подземных вентиляционных устройств состоит в правильном распределении воздуха по горным выработкам в соответствии с расчетной потребностью при минимальных его потерях из-за различного рода утечек.

Без регулировочных устройств трудно управлять распределением воздуха по горным выработкам. Вместе с тем, чем меньше таких устройств, тем экономичнее и надежнее функционирует проветривание шахты. Регулировочные устройства создают дополнительное сопротивление движению воздуха, а их неисправная работа или разрушение может привести к полному нарушению проветривания шахты. К числу вентиляционных устройств в горных выработках шахт относят перемычки, паруса, перегородки, кроссинги.

Перемычка представляет собой стенку, возводимую поперек выработки, с целью полного прекращения движения воздуха по выработке. Перемычки с дверьми устраивают в действующих выработках, разделяющих входящую и исходящую струи. Без наличия таких перемычек произошло бы закорачивание воздушной струи. Для исключения возможности закорачивания воздушной струи при передвижении через такие перемычки людей и грузов устраивают две перемычки, которые располагаются на расстоянии, равном длине самого длинного поезда. Такие перемычки называются *шлюзовыми*. Двери шлюзовых перемычек открываются последовательно. Во избежание одновременного открывания дверей они имеют механическую или электрическую блокировку. Оставлять открытыми вентиляционные двери категорически запрещается.

Вентиляционные окна устраивают в вентиляционных дверях и перемычках, когда необходимо ограничить поступление воздуха в перекрываемую выработку или направить большую часть воздушного потока в другие выработки.

Перемычки возводят из дерева, кирпича, камня и бетона. Дверные полотна изготавливают из дерева или металла.

При временном регулировании подачи воздуха по выработке ее сечение перекрывают *парусом* — перемычкой из грубой ткани. Парус прикрепляется только к верхняку крепи и не оказывает существенных помех для передвижения людей и перевозки грузов.

Перегородка — стенка, возводимая вдоль длинной оси выработки для обеспечения встречного движения воздушных потоков без их перемешивания. Такую же функцию могут выполнять металлические трубы большого сечения.

Кроссинг — устройство, аналогичное по назначению перегородке, но возводимое в местах пересечения выработок. Кроссинги выполняются в виде обходных выработок в горизонтальной или вертикальной плоскости. Для пропуска небольших количеств воздуха сооружают более простые кроссинги из металлических труб большого диаметра.

25.5. Утечки воздуха и меры борьбы с ними

В связи с тем, что расходы на электроэнергию на проветривание шахты составляют основную часть затрат на потребляемую шахтой электроэнергию, необходимо всемерно сокращать непроизводительное использование воздуха в шахте, которое выражается в утечках воздуха.

Утечками называют часть проходящего через главные и вспомогательные вентиляционные установки шахты воздуха, которая не используется для проветривания действующих горных выработок. Общие утечки воздуха слагаются из внешних утечек (потери в каналах вентиляторов, надшахтных зданиях и других сооружениях на поверхности) и внутренних утечек (потери в действующих подземных выработках).

Установленные нормы утечек через надшахтное здание, вентиляционные каналы и подземные вентиляционные сооружения зависят от фактического перепада давления (депрессии или компрессии) в месте утечек. Например, через надшахтное здание клетового ствола (в зависимости от его размеров) при перепаде давления 2 кПа допускаются утечки от 90 до 850 м³/мин.

Утечки возможны на протяжении всего пути вентиляционной струи. Канал вентилятора, надшахтное здание, разного рода перемычки, кроссинги, трещины в целиках, породах кровли, выработанные пространства — это далеко не полный перечень мест возможных утечек воздуха. Общие утечки на отдельных шахтах достигают 25—30% подаваемого в шахту воздуха.

Основными мерами, которые позволяют уменьшить утечки воздуха, являются:

- тщательная герметизация вентиляционных каналов и надшахтных зданий;

- строгое соблюдение порядка шлюзования на входе и выходе из надшахтных зданий;

- уменьшение общего аэродинамического сопротивления шахтной вентиляционной сети путем увеличения площади поперечного сечения выработок и уменьшения длины вентиляционной струи;

- качественное возведение вентиляционных устройств в шахте;

- своевременная и качественная изоляция выработанного пространства, погашение выработок, засыпка провалов на поверхности, которые связаны с подземными горными выработками;

- выбор оптимальных способов проветривания очистных и подготовительных забоев и др.

25.6. Проветривание тупиковых выработок

Проветривание тупиковых частей подготовительных выработок производится за счет общешахтной депрессии или с помощью вентиляторов местного проветривания (ВМП). В качестве вспомогательных средств проветривания допускается применение эжекторов.

При проветривании за счет общешахтной депрессии основная выработка должна иметь параллельную выработку для исходящей струи воздуха. Обе выработки соединяются сбойками на расстоянии не более 30 м одна от другой. Проветривание тупиковых частей параллельных выработок осуществляется с помощью перегородок или вентиляционных труб длиной не более 60 м.

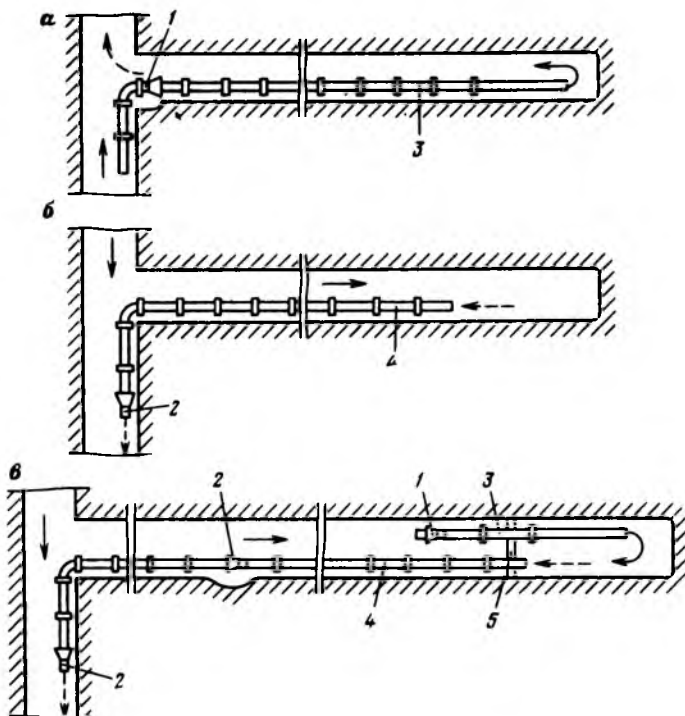


Рис. 25.2. Схемы проветривания тупиковых частей подготовительных выработок: а — нагнетательный способ; б — всасывающий способ; в — комбинированный способ; 1 — нагнетательный вентилятор; 2 — всасывающие вентиляторы; 3 — нагнетательный трубопровод; 4 — всасывающий трубопровод; 5 — перемычка

При организации вентиляции с помощью ВМП часть воздушного потока направляется по вентиляционному трубопроводу в тупиковую часть подготовительной выработки. При этом проветривание тупиковых частей подготовительных выработок может осуществляться нагнетательным, всасывающим и комбинированным способами (рис. 25.2).

Для проветривания подготовительных выработок применяют вентиляторы типа ВМ (осевые) и ВМЦ (центробежные).

При нагнетательном способе проветривания используют гибкие вентиляционные трубы из специальных негорючих тканей. Диаметр таких труб 400, 600, 800 и 1000 мм, длина отрезков 10, 15 и 20 м. При всасывающем и комбинированном способах проветривания трубы — металлические.

Количество воздуха, необходимое для проветривания подготовительной выработки при ее проведении, рассчитывается по выделению метана (углекислого газа), расходу ВВ, наибольшему числу присут-

ствующих в забое людей и проверяется по допустимой скорости движения воздуха с учетом температурного и пылевого факторов.

Рассчитанное количество воздуха должно обеспечивать выполнение следующих условий:

- подаваемый в забой воздух не должен содержать более 0,5% метана;
- в исходящей воздушной струе содержание метана не должно превышать 1%;

- продолжительность проветривания забоя после взрывных работ не должна превышать 30 мин, по истечении которых объемная доля ядовитых газов от взрывных работ в пересчете на оксид углерода не должна быть больше 0,008%;

- при нахождении в выработке максимального числа людей на каждого из них должно подаваться не менее 6 л/мин свежего воздуха;

- скорость воздуха в призабойном пространстве не должна превышать 4 м/с и быть меньше 0,25—2 м/с (в зависимости от температуры и влажности воздуха).

25.7. Схемы проветривания шахт и организация работы участков вентиляции и техники безопасности

В практике используются три основные схемы проветривания шахт — центральная, фланговая (или диагональная) и комбинированная.

На выбор схемы проветривания влияет очень большое число факторов, главными из которых являются размеры шахтного поля, схемы вскрытия, подготовки и системы разработки, рельеф местности и др.

При центральной схеме проветривания стволы для подачи и отвода воздушной струи располагаются на одной промплощадке. Недостатки центральной схемы — большая длина вентиляционной сети, значительные утечки воздуха, меньшая надежность функционирования по сравнению с фланговой схемой.

Фланговая схема проветривания предусматривает подачу воздуха, как правило, через ствол, расположенный в центре шахтного поля, а отвод исходящей струи по стволу (или стволам) на границах (флангах) шахтного поля. Основным недостатком схемы — удлинение сроков строительства и увеличение стоимости сооружения шахты.

Комбинированная схема проветривания включает элементы двух выше рассмотренных схем.

Способ проветривания указывает, каким образом свежий воздух подается в шахту главными вентиляционными установками: нагнетанием, всасыванием, комбинацией нагнетания и всасывания. На выбор способа проветривания влияют размеры шахтного поля, газообильность шахты, склонность угля к самовозгоранию, схема подготовки и другие факторы.

Схемы вентиляции и вентиляционных соединений, пояснительная записка с расчетами потребного количества воздуха и перечень организационно-технических мероприятий по обеспечению надежного проветривания шахты являются составными частями вентиляционного плана.

Порядок составления и перечень необходимых документов, которые должны найти отражение в вентиляционном плане, указаны в Инструкции по составлению вентиляционных планов. Вентиляционный план текущего года должен систематически пополняться и не реже одного раза в полугодие составляться заново.

Инструкция по расчету количества воздуха, необходимого для проветривания действующих угольных шахт устанавливает порядок и дает методику расчета потребности в свежем воздухе для различных видов горных работ и выработок.

Потребное количество воздуха рассчитывается отдельно для очистных выработок, выемочных участков, обособленно проветриваемых подготовительных выработок и камер, а также для поддерживаемых и погашаемых выработок. Общее количество воздуха для проветривания шахты определяется как сумма результатов этих расчетов и расчета утечек с учетом коэффициента неравномерности распределения воздуха, равного 1,1, коэффициента неравномерности газовыделения (для Подмосквового бассейна 2,3, для остальных бассейнов 1,1). Полученное количество воздуха проверяется на разжижение газа в общей исходящей из шахты струе до допустимого ПБ предела — 0,75%.

Контроль за пылевентиляционным режимом шахты возложен на участки вентиляции и техники безопасности (ВТБ). Работа участка ВТБ шахты организуется в соответствии с Положением об этом участке, правах и обязанностях лиц персонала участка, а также требованиями ПБ с учетом местных условий.

Основными функциональными задачами участка ВТБ являются постоянное обеспечение высокого уровня надежности проветривания горных работ и осуществление действенного круглосуточного контроля за соблюдением на предприятии требований ПБ при ведении горных работ.

Контроль за состоянием горного хозяйства шахты организуется по так называемому маршрутному способу. Каждый работник из сменного персонала участка, посещая горные работы по определенному маршруту, ведет строгий контроль за соблюдением основных требований к пылевентиляционному режиму и технике безопасности по ходу маршрута. Маршруты составляются таким образом, чтобы подвергнуть контролю необходимое число раз в течение смены или суток все рабочие места, сооружения, устройства, выработки и т. п. По выходе из шахты в конце смены лицо сменного надзора участка ВТБ сдает письменный отчет о проделанной работе и фиксирует выявленные нарушения в специальных книгах. На их основе формируются наряды на устранение нарушений силами производственных подразделений.

Вопросы для самоконтроля

1. Что необходимо для обеспечения движения воздуха по горным выработкам?
2. Каковы способы создания разности давления на входе и выходе воздушной струи?
3. Какие приборы применяются для измерения депрессии или компрессии?
4. Каковы диапазоны максимальных и минимальных скоростей движения воздуха в горных выработках?

5. В чем отличие главных вентиляционных установок от вспомогательных?
6. Каковы способы и средства распределения воздуха по горным выработкам?
7. Что такое внешние и внутренние утечки воздуха в шахтах?
8. Каковы основные способы проветривания подготовительных выработок?
9. Какие бывают схемы и способы проветривания шахт?

26. РУДНИЧНОЕ ОСВЕЩЕНИЕ. ПОДЗЕМНЫЕ ПОЖАРЫ И ГОРНОСПАСАТЕЛЬНОЕ ДЕЛО

26.1. Рудничное освещение

Нормальная освещенность рабочего места повышает производительность труда, создает безопасные условия для работающих. Она позволяет своевременно оценить состояние условий труда и выбрать правильное решение в постоянно изменяющейся обстановке при выполнении большинства процессов и операций в подземных выработках.

Освещение промплощадки и поверхностных сооружений, кроме вентиляционных, осуществляется по общим для промышленных предприятий нормам. Осветительные установки выполняются в соответствии с Правилами устройства электроустановок.

В здании подъемной установки оборудуется дополнительное аварийное освещение от аккумуляторной батареи или другого независимого источника питания. В других зданиях и местах, указанных в ПБ, в качестве аварийного освещения могут использоваться индивидуальные шахтные светильники.

Перечень освещаемых выработок, нормы освещенности и типы применяемых светильников для подземных условий устанавливаются Правилами технической эксплуатации угольных шахт.

В шахтах применяют два вида источников света: сетевые электро-светильники и переносные аккумуляторные светильники.

Сетевое электрическое освещение подразделяется на стационарное, полустационарное и местное. Стационарное освещение действует в течение всего срока службы выработки. Полустационарное освещение отличается от стационарного тем, что осветительную установку переносят по мере подвигания забоя. Местное освещение применяется на передвижных машинах — очистных или проходческих комбайнах, шахтных локомотивах.

В светильниках используются лампы накаливания и люминесцентные лампы. По степени безопасности применения различают следующие рудничные светильники: в нормальном исполнении (РН) для шахт, не опасных по взрыву газа или пыли; повышенной надежности (РП) для использования на свежей струе в шахтах, опасных по газу; взрывобезопасные (РВ) для выработок, опасных по взрыву газа или пыли.

В шахтах применяют стационарные светильники в нормальном исполнении: РН-60, РН-100, РН-200 и др. Светильники повышенной надежности имеют механическую блокировку, которая выталкивает лампу из патрона, если будет разбит стеклянный колпак или лампа. Взрыво-

безопасные светильники снабжены ионным размыкателем, который включает лампу в момент разрушения ее или стеклянного колпака, а также при проникновении воздуха в светильник.

Люминесцентный светильник представляет собой стеклянную трубку, заполненную парами ртути или газом аргоном. Применяются люминесцентные светильники в нормальном и взрывобезопасном исполнении.

Электрооборудование для шахтного освещения включает также специальные осветительные трансформаторы, пусковую аппаратуру, кабели и кабельную арматуру.

Для питания подземных осветительных установок применяется напряжение 220 В, а для питания встроенных в очистные и проходческие комбайны источников местного освещения — напряжение 127 В. Ручные переносные светильники допускается применять при напряжении не выше 36 В.

Переносным аккумуляторным светильником обеспечивается каждый человек, спускающийся в шахту. Общее количество индивидуальных светильников на шахте должно превышать численность списочного состава трудящихся не менее чем на 10%. В шахтах применяются следующие типы переносных головных аккумуляторных светильников: «Кузбасс», СГГ-1, СГУ-4, ГСГ-2 и СГГ-3. Мощность светового потока этих светильников составляет 30 лм, номинальное напряжение батареи — 3,75 В, емкость батареи — 10—11 А·ч, масса — 1,7 — 2,3 кг.

Правила безопасности требуют, чтобы каждый светильник имел номер и был постоянно закреплен за определенным рабочим или инженерно-техническим работником. Светильники хранятся в шахтных ламповых, где установлены зарядные станции. Применяемые типы светильников и зарядных станций позволяют осуществлять работу ламповых по принципу самообслуживания. В состав ламповой входит помещение для хранения индивидуальных самоспасателей. От остальных помещений административно-бытового комбината ламповая отделяется несгораемыми стенами с металлическими дверьми.

26.2. Подземные пожары и борьба с ними

Вне зависимости от места возникновения (на поверхности или в подземных выработках) пожар очень опасен для жизни людей, находящихся в шахте, т. к. в течение непродолжительного времени дымовые газы могут заполнить все действующие выработки шахты. Противостоять пожару в условиях угольных шахт может только хорошо обученный коллектив при наличии необходимых средств пожаротушения в нужном месте и необходимых объемах.

По причинам возникновения различают два вида подземных пожаров: экзогенные, возникающие от внешних причин, и эндогенные — происходящие вследствие самовозгорания горючего материала.

Главными причинами возникновения экзогенных пожаров в подземных выработках являются:

неисправности в электрических сетях (короткое замыкание и воспламенение оболочки кабеля, воспламенение в результате нагрева контактов при их неплотном соединении, механическое повреждение или обрыв кабелей);

нарушение правил ведения взрывных работ (отсутствие внутренней забойки в шпурах, использование отсыревших и слежавшихся ВМ, чрезмерная масса заряда и др.);

трение различного рода подвижных частей механизмов о неподвижные предметы (например, пробуксовка конвейерных лент на ведущих барабанах конвейера);

вспышка, горение или взрыв метана или угольной пыли;

неправильное ведение огневых и сварочных работ в шахте.

Эндогенные пожары возникают из-за самовозгорания угля в результате его окисления кислородом воздуха. Процесс окисления протекает с выделением тепла, которое может либо рассеиваться, либо накапливаться в угле. В последнем случае повышается температура угля, что приводит к ускорению реакции окисления, интенсификации нагревания и в конечном счете к самовозгоранию угля. Эндогенным пожарам подвержены скопления разрушенного угля, раздавленные целики, уголь, оставленный в выработанном пространстве в виде потерь.

Организационно-технические мероприятия по борьбе с подземными пожарами предусматриваются в двух основных направлениях — профилактике и быстрой локализации. Под профилактикой подземных пожаров понимают выявление и своевременную ликвидацию причин, которые могут вызвать пожар, а также обеспечение необходимыми техническими средствами пожаротушения и поддержание их в постоянной готовности.

Проект противопожарной защиты разрабатывается на основании требований ПБ, Инструкции по противопожарной защите угольных и сланцевых шахт и Инструкции по предупреждению и тушению эндогенных пожаров, Указаний по проектированию трубопроводов в подземных выработках угольных и сланцевых шахт и ряда других документов.

Предупреждение пожаров от внешних причин требует строгого соблюдения правил производства сварочных и огневых работ в подземных выработках и зданиях на поверхности, имеющих связь с подземными выработками. Такие здания должны возводиться из негорючих материалов и отделяться от подземных выработок металлическими лядами и дверьми. Несгораемой крепью крепятся участки выработок и подземные камеры, где наиболее вероятно возникновение открытого пламени (приводные станции конвейеров, трансформаторные подстанции с масляными трансформаторами и т. п.).

Профилактика возникновения эндогенных пожаров включает:

определение склонности угля пластов к самовозгоранию;

организацию службы установления очагов самовозгорания угля на возможно более ранних стадиях;

отказ от оставления угольных целиков, недопущение потерь отбитого угля в выработанном пространстве;

заиливание изолированного выработанного пространства глинистой пульпой;

крепление квершлагов на участках пересечения с пластами угля, склонного к самовозгоранию, негорючей крепью;

заблаговременное возведение противопожарных арок и создание запаса материалов, необходимых для быстрой изоляции пожароопасного пласта.

Места наиболее вероятного самовозгорания угля ежеквартально устанавливаются главным инженером шахты совместно с командиром ВГСЧ. В указанных местах ежемесячно с помощью экспресс-анализа определяется концентрация оксида углерода и фиксируются внешние признаки самовозгорания угля.

Средства пожаротушения включают противопожарные сооружения, оборудование и материалы. На шахте должен быть противопожарный водоем с запасом воды, достаточным для ее непрерывной подачи специальными противопожарными насосами в течение 3 ч, но не менее 250 м³. Противопожарная трубопроводная сеть должна быть достаточно разветвленной как на поверхности, так и под землей. Подземный противопожарный водопровод должен всегда находиться под рабочим давлением. Имеющиеся в шахте трубопроводы для водоотлива, подачи сжатого воздуха, закладочного материала должны иметь узлы переключения их в качестве дополнительных пожарных водопроводов. На промплощадке и каждом действующем горизонте шахты оборудуются склады для хранения противопожарных средств и материалов, в том числе противопожарные поезда. Первичные средства пожаротушения (ручные огнетушители, песок или инертная пыль), а также передвижные огнетушители ОП-500, стационарные воздушнопенные огнетушители ОС-200, автоматические водяные завесы и другие противопожарные средства располагаются в местах, определенных проектом.

Тушение подземных пожаров производится или активным, или пассивным способом. При активном способе пожар стараются потушить, не прибегая к изоляции пожарного участка. Если таким способом не удастся потушить пожар, то переходят к пассивному способу тушения, который предусматривает возведение в определенных местах горных выработок перемычек (изоляция пожарного участка) с последующим воздействием на очаг пожара различными инертными материалами, подаваемыми по пробуренным с поверхности или из горных выработок скважинам.

26.3. Горноспасательное дело

Горноспасательное дело направлено на организацию работ по спасению застигнутых аварией людей, а также ликвидацию рудничных аварий в кратчайшие сроки и с наименьшими потерями для народного хозяйства страны.

Спасательные работы на шахтах и рудниках СССР ведутся подразделениями военизированных горноспасательных частей (ВГСЧ).

Места дислокации подразделений ВГСЧ устанавливаются из расчета наикратчайшего расстояния до обслуживаемых данным подразделением группы шахт. Подразделения ВГСЧ укомплектованы специально обученными людьми, находящимися на казарменном положении во время суточного дежурства, снабжены специальным транспортом, связью и аппаратурой и спецодеждой для работы в экстремальных ситуациях при подземных авариях.

Первичной структурной единицей ВГСЧ является отделение, состоящее из семи человек (пять респираторщиков, водитель специального автомобиля и командир отделения).

Первичной оперативной единицей, способной самостоятельно выполнять работы по ликвидации аварий, является взвод. В зависимости от числа обслуживаемых шахт и объема профилактических работ взвод ВГСЧ может включать от трех до девяти отделений.

Взводы объединяются в военизированные горноспасательные отряды (ВГСО). Обычно в состав отряда входят четыре—восемь взводов. При штабе отряда ВГСО размещается наиболее крупный и технически оснащенный оперативный взвод. Остальные взводы отряда называются номерными. Отряды подчиняются управлениям ВГСЧ бассейнов, а последние — управлениям ВГСЧ соответствующих министерств.

Для успешной ликвидации аварии чрезвычайно важно как можно раньше приступить к ее ликвидации. В этих целях на шахтах создаются вспомогательные горноспасательные команды (ВГК) из специально обученных горнорабочих. На наиболее опасных шахтах организуются шахтные горноспасательные станции (ШГС) из добровольных членов ВГК. Подготовка членов ВГК и ШГС ведется под руководством командования ВГСЧ. Основная задача членов ВГК и ШГС — спасение людей при аварии и ее ликвидации до прибытия подразделения ВГСЧ. В распоряжении ВГК и ШГС имеются изолирующие дыхательные аппараты РВЛ-1.

Для службы в ВГСЧ принимаются физически здоровые люди в возрасте от 20 до 40 лет, имеющие стаж работы в шахте не менее двух лет. Командир отряда должен иметь стаж работы горноспасателем не менее трех лет. Командирами взводов ВГСЧ и выше могут быть специалисты, имеющие среднетехническое и высшее горное образование.

Основным в экипировке горноспасателя является респиратор — аппарат, обеспечивающий снабжение организма свежим воздухом при работе в непригодной для открытого дыхания атмосфере.

Изолирующие регенеративные респираторы делятся на рабочие (основные) и вспомогательные, служащие для замены основного респиратора или используемые для дыхания пострадавших при их выводе из опасной зоны. Полный комплект снаряжения респираторщика определяется характером той работы, которую выполняет подразделение ВГСЧ (вывод людей, разборка завала, тушение пожара и т. п.). На вооружении взводов ВГСЧ имеется газотеплозащитное, противопожарное, вентиляционное оборудование, аппаратура связи и т. д.

В подразделениях ВГСЧ в качестве основных применяются респи-

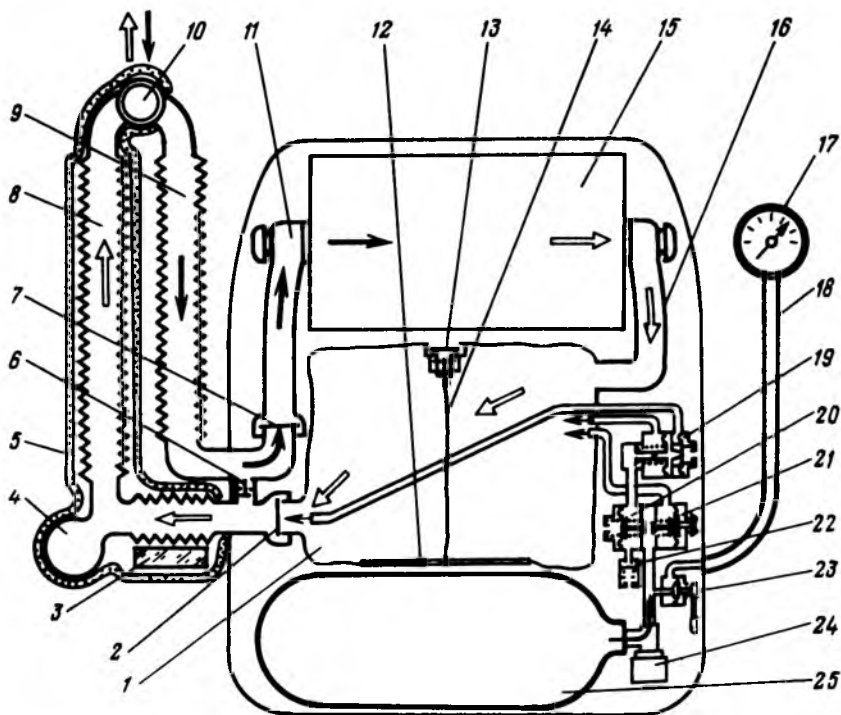


Рис. 26.1. Схема респиратора Р-35:

1 — дыхательный мешок; 2 — клапан вдоха; 3 — охлаждающий элемент; 4 — слюноотбирательница; 5 — теплозащитный чехол; 6 — перепускной клапан; 7 — клапан выдоха; 8 — шланг вдоха; 9 — шланг выдоха; 10 — соединительная коробка; 11 — левый воздуховод; 12 — пластина; 13 — избыточный клапан; 14 — канатик; 15 — регенеративный патрон; 16 — правый воздуховод; 17 — манометр; 18 — капиллярная трубка; 19 — легочный автомат; 20 — редуктор; 21 — аварийный клапан; 22 — предохранительный клапан; 23 — перекрывной вентиль; 24 — запорный вентиль; 25 — кислородный баллон

раторы Р-12М, Р-30, Р-35 (рис. 26.1) и «Урал-7», в качестве вспомогательных — респираторы РВЛ-1, Р-34, КИП-8.

Выдыхаемый воздух по шлангу через клапан выдоха попадает в левый воздуховод, а затем в регенеративный патрон, где с помощью химического поглотителя воздух очищается от диоксида углерода. Очищенный воздух по правому воздуховоду поступает в дыхательный мешок, предназначенный для обеспечения в респираторе такого же давления, как и в окружающей атмосфере. В дыхательном мешке воздух обогащается кислородом, поступающим из баллона через редуктор, до содержания, близкого к нормальному. Из дыхательного мешка воздух поступает через клапан вдоха в шланг вдоха, а затем в легкие. Если в мешке образуется избыточное давление воздуха, то через избыточный клапан часть воздуха удаляется наружу. При недостаточном количестве

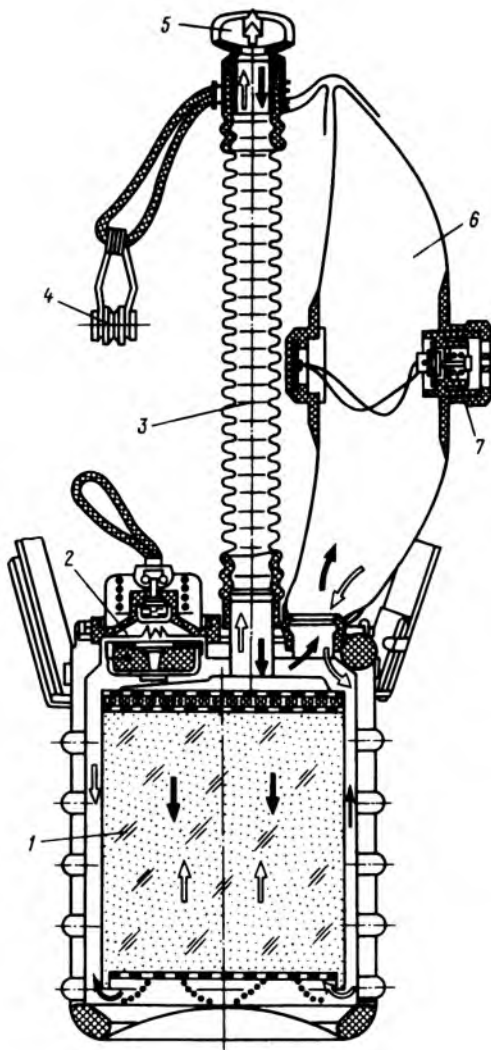


Рис. 26.2. Схема шахтного изолирующего самоспасателя ШС-7М:

1 — регенеративный патрон; 2 — пусковое устройство; 3 — гофрированный шланг; 4 — носовой зажим; 5 — загубник; 6 — дыхательный мешок; 7 — избыточный клапан

воздуха в мешке его стенки сжимаются и приводят в действие легочный автомат, подающий дополнительное количество кислорода. На случай неисправности редуктора или автомата имеется кнопка аварийного клапана, нажав на которую, можно по дополнительной трубке впустить кислород в мешок.

Гарантированное время защитного действия основных респираторов равно 4 ч, вспомогательных — 2 ч.

Шахтные самоспасатели выпускаются двух типов — фильтрующие и изолирующие. Назначение самоспасателей — защита органов дыхания при выходе из загазированной зоны на свежую струю. Рабочие получают самоспасатели вместе с головным светильником при спуске в шахту.

Фильтрующий самоспасатель СПП-2 предназначен для дыхания в атмосфере, содержащей не более 1% оксида углерода и не менее 17% кислорода. Самоспасатель находится в герметически закрытой коробке. Для включения в самоспасатель надо дернуть за кольцо, открыть коробку и достать из нее самоспасатель. Загубник необходимо поместить между губами и зубами, а нос зажать специальным зажимом. Аналогичен принцип действия другого фильтрующего самоспасателя СПП-4. Фильтрующий самоспасатель СПП-2 рассчитан на работу в течение 1 ч, а СПП-4 — в течение 2 ч.

Оба указанных самоспасателя непригодны для дыхания в атмосфере, содержащей кроме оксида углерода другие ядовитые газы, например, оксиды азота. В этом случае используется изолирующий самоспасатель, который, как и респиратор, изолирует человека от окружающей атмосферы во время аварийных ситуаций.

Шахтный изолирующий самоспасатель ШС-7М (рис. 26.2) представляет собой изолирующий дыхательный аппарат одноразового пользования. Срок его действия при ходьбе по тяжелому маршруту не менее 50 мин, при нахождении в статическом положении — не менее 300 мин. Необходимый для дыхания запас кислорода находится в химически связанном состоянии в регенеративном патроне самоспасателя. Необходимо иметь в виду, что при использовании самоспасателем с течением времени температура вдыхаемого воздуха несколько повышается, что свидетельствует о его нормальной работе.

Для успешного выполнения горноспасательными частями своих функций необходимо выполнение целого комплекса условий, одним из которых является разработка плана ликвидации аварий, включающем наиболее вероятные места возникновения аварий на шахте и перечень наиболее действенных мер по их безусловной ликвидации.

План ликвидации аварий (ПЛА) состоит из оперативной части, графического приложения и указаний с распределением обязанностей между отдельными лицами, участвующими в ликвидации аварии (нередко эту часть плана ликвидации аварий называют диспозицией).

Оперативная часть ПЛА составляется по определенной форме и содержит указания, кому и где необходимо находиться, перечень выполняемых при этом действий по ликвидации аварии, содержание маршрутов следования для горноспасателей, постановку задачи и пути вывода людей из аварийной зоны.

Графическая часть включает вентиляционный план, план горных работ шахты, планы околоствольных дворов.

План ликвидации аварии составляется на каждое полугодие. Основной разработчик плана — главный инженер шахты. Согласование плана

осуществляется с командиром соответствующего подразделения ВГСЧ. План утверждается техническим директором производственного объединения за 15 дней до начала следующего полугодия.

План ликвидации аварии подлежит изучению всеми подземными рабочими и инженерно-техническими работниками шахты, а также личным составом подразделений ВГСЧ, обслуживающих шахту. В целях закрепления знаний по ПЛА систематически проводятся учебные тревоги с вызовом ВГСЧ, вывод людей из шахты с использованием для этих целей запасных выходов и другие мероприятия.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие виды источников света применяются в шахтах?
2. Каково исполнение рудничных светильников?
3. В чем состоит механизм самовозгорания угля и каковы наиболее вероятные места возникновения эндогенных пожаров в шахте?
4. Какие бывают способы тушения подземных пожаров?
5. Кто ведет спасательные работы при возникновении аварий в угольных шахтах?
6. Какие средства используются для защиты органов дыхания в загазированной атмосфере?
7. Каково содержание плана ликвидации аварий?

Часть VIII

ОСНОВЫ ГОРНОЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

27. ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКТИВНОГО ИСПОЛНЕНИЯ РУДНИЧНОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

27.1. Особенности работы электрооборудования в шахте

Для обеспечения безаварийной эксплуатации в подземных условиях к шахтным электроустановкам предъявляются повышенные требования по сравнению с общепромышленными. Наибольшее влияние на работу электрооборудования в шахтах оказывают следующие факторы:

взрывоопасность рудничной атмосферы из-за содержания в ней горючих газов и угольной пыли, способной проводить электрический ток;
значительная влажность воздуха, которая обуславливает повышенное потоотделение, способствующее поражению обслуживающего персонала электрическим током;

ограниченность пространства в подземных выработках и возможность обрушения пород, требующие создания электрооборудования незначительных габаритов и повышенной механической прочности;

непрерывное перемещение горных работ в пространстве, требующее быстрого перемонтажа электрооборудования и кабельных сетей;
передача электроэнергии в шахтах только по кабельной сети;
наличие блуждающих токов и зарядов статического электричества;
необходимость непрерывной работы вентиляторов главного проветривания, центрального водоотлива, клетового подъема.

27.2. Виды исполнения рудничного электрооборудования

Понятие «рудничное электрооборудование» объединяет машины и аппараты, которые преобразуют, распределяют и потребляют электрическую энергию в шахтах. Сюда же относят электрические приборы и устройства, используемые для управления, защиты, контроля и измерения в электрических сетях шахт.

Внешняя среда, в которой приходится применять рудничное электрооборудование, и условия работы горных машин и механизмов с электроприводом весьма не одинаковы не только на разных шахтах, но и в разных выработках одной и той же шахты. Поэтому различны и требования к изготовлению электрооборудования и к способам его включения (коммутации) в электрические цепи шахты.

По степени ужесточения этих требований и способов рудничное электрооборудование имеет четыре уровня исполнения: рудничное нормальное (РН), рудничное повышенной надежности против взрыва (РП), рудничное взрывобезопасное (РВ) и рудничное особо взрывобезопасное (РО) (табл. 27.1).

По сравнению с оборудованием общепромышленного назначения рудничное оборудование в нормальном исполнении имеет усиленную по прочности конструкцию, которая выполнена с учетом эксплуатации в шахтных условиях, характеризующихся высокой влажностью и запыленностью. Оно не имеет защитных свойств против взрыва и применяется в стволах, околоствольных выработках, камерах стационарных установок, т. е. в горных выработках, проветриваемых свежей струей воздуха за счет общешахтной депрессии, на всех шахтах кроме шахт, опасных по внезапным выбросам. В откаточных выработках шахт I и II категорий по газу рудничное электрооборудование в нормальном исполнении применяется только на свежей струе воздуха.

Электрооборудование в исполнении РП снабжено средствами против взрыва газа или угольной пыли только при условии, если оно не повреждено и работает в нормальном режиме. Оно может применяться на негазовых и не опасных по пыли шахтах, а также в откаточных выработках со свежей струей воздуха на шахтах I и II категории по газу, опасных по пыли. В исполнении РП выпускаются светильники, батарейные ящики аккумуляторных электровозов, отдельные части трансформаторов и электродвигателей.

В рудничном взрывобезопасном (РВ) исполнении защита от взрыва обеспечивается как при нормальной работе, так и при возникновении

Таблица 27.1

Исполнение	Вид взрывозащиты	Маркировка
Рудничное нормальное Рудничное повышенной надежности против взрыва	Средств (видов) взрывозащиты не имеет Принят ряд мер дополнительно к используемым в электрооборудовании общего назначения, затрудняющих появление опасных нагревов, электрических искр и дуг. Возможно наличие взрывонепроницаемой оболочки и искробезопасной электрической цепи. Искробезопасность и взрывонепроницаемость обеспечивается только в нормальном режиме	РН РП
Рудничное взрывобезопасное	Взрывонепроницаемая оболочка, обеспечивающая в зависимости от величины рабочего напряжения и тока короткого замыкания предотвращение передачи взрыва при воспламенении смеси внутри корпуса (оболочки) от любого источника воспламенения. Возможно кварцевое заполнение оболочки и наличие искробезопасной электрической цепи	РВ
Рудничное особо взрывобезопасное	Искробезопасная электрическая цепь в любых режимах. Возможно сочетание с каким-либо другим специальным видом взрывозащиты	РО

наиболее вероятных повреждений электрооборудования. Оно допущено к применению на всех шахтах.

Особо взрывобезопасное рудничное электрооборудование (РО) исключает появление электрических искр и электрических дуг в цепях дистанционного управления, связи, сигнализации и т. п., способных воспламенить метановоздушную смесь или угольную пыль при любых режимах работы и всех возможных повреждениях электрооборудования.

Применяются следующие средства защиты электрооборудования от взрыва: взрывонепроницаемая оболочка; кварцевое заполнение; искробезопасная электрическая цепь; автоматическое защитное выключение опасных токоприемников и участков электрической цепи.

Оболочки с кварцевым заполнением имеют шахтные сухие силовые трансформаторы и передвижные участковые подстанции типа ТСВП (взамен подстанций типа ТСШВП, ТКШВП и ТКШВПС). В зависимости от конструктивного исполнения оболочки, ее заполнения кварцевым песком и условий гашения искрового разряда внутри оболочки оборудование этого типа имеет маркировку РВ и РО и подгруппы 1К, 2К, 2КЭ и 1КС.

Взрывонепроницаемые оболочки в зависимости от рабочего напряжения и тока короткого замыкания защищаемых устройств подразделяются на подгруппы 1В, 2В, 3В, 4В (например, РВ-3В).

При наличии искробезопасной защиты возникающая искра или нагрев участка цепи не будет иметь энергии, достаточной для воспламенения

взрывоопасной среды. Электрооборудование, имеющее искробезопасную цепь, маркируется буквой И (РВИ). Обозначение «Иа» означает особо взрывобезопасный вид оборудования, «Ив» — взрывобезопасный, «Ис» — повышенную надежность против взрыва.

Автоматическое защитное опережающее отключение при разрушении защитной оболочки снимает напряжение раньше, чем в цепи накапливается энергия, достаточная для воспламенения взрывоопасной среды.

Степень защиты оболочек любого электротехнического оборудования от внешних воздействий обозначается индексом IP и двумя цифрами. Первая из цифр обозначает степень защиты человека от соприкосновения с находящимися под напряжением частями, а вторая — от попадания внутрь оболочки пыли, воды и водяных брызг (например РН-IP54). Индексы У, Т или ХЛ показывают возможность работы в условиях умеренного, тропического или холодного климата. В шахтах обычно применяют в основном электрооборудование в исполнении У категории 4 (У5). Вид исполнения указывается на корпусе заводом-изготовителем в соответствии с принятыми условными обозначениями РН, РП, РВ и РО, расположенными внутри прямоугольника.

27.3. Меры безопасности при электрификации подземных горных работ

Для питания электроприемников в подземных выработках шахт применяют в основном переменный трехфазный ток промышленной частоты 50 Гц напряжением 220, 380, 660 и 1140 В. Для питания ручного электроинструмента и шахтных светильников напряжение переменного тока понижают до 127 В. Для ручных переносных светильников, цепей сигнализации, аварийной остановки конвейерных линий, цепей контроля и управления используется напряжение 12, 24, 36 и 60 В.

Передача электроэнергии к шахтным трансформаторным подстанциям (подземным и на поверхности) производится от главной поверхностной подстанции (ГПП) трехфазным переменным током при напряжении 3, 6 или 10 кВ. На ГПП подается напряжение в 35, 110 или 220 кВ.

Кроме того, на шахте используется постоянный электрический ток напряжением 250, 275, 600 В (для контактной сети электровозной откатки), 110 В (в цепях управления и автоматики на поверхности шахт), 12 В (аварийное освещение в зданиях подъема, главного вентилятора и т. п.).

Тяговые двигатели аккумуляторных электровозов в зависимости от числа элементов в аккумуляторной батарее имеют разовое напряжение от 80 до 185 В.

Наиболее опасным в отношении поражения электрическим током является случай одновременного прикосновения к двум фазам сети, при котором человек оказывается под линейным напряжением. Чаше встречается случай прикосновения к одной фазе. При этом величина тока, протекающая через тело человека, зависит при прочих равных усло-

виях от того, заземлена или изолирована нейтраль электрической цепи (нулевая точка генератора или вторичной обмотки трансформатора, питающего шахту).

В шахтной сети нейтраль изолирована от земли, что имеет следующие достоинства:

в электроустановках напряжением до 1000 В при удовлетворительном состоянии изоляции и малом емкостном сопротивлении сети прикосновение к одной фазе практически безопасно;

поражающий ток однофазного прикосновения при изолированной нейтрали обычно меньше, чем при заземленной;

сравнительно небольшая величина тока, протекающая через заземление в случае пробоя изоляции на корпус, что предупреждает выход из строя узлов электрооборудования;

возможность контроля состояния изоляции относительно земли.

К недостаткам изолированной нейтрали следует отнести:

при замыкании одной из фаз на землю прикосновение к другой фазе ставит человека под полное линейное напряжение сети;

замыкание одной фазы на землю может оставаться необнаруженным в течение длительного времени до появления опасного замыкания в другой фазе или прикосновения человека к последней.

Для безопасной работы людей в шахте применяются специальные профилактические меры:

снижение емкостного сопротивления сети, влияющего на величину поражающего тока;

применение быстродействующей защиты, ограничивающей длительность воздействия тока на человека;

обеспечение недоступности прикосновения к токоведущим частям путем их ограждения, подвески на относительно недоступной высоте или изоляции диэлектриками;

защита от случайного прикосновения к токоведущим частям путем закрытого исполнения рудничного электрооборудования;

применение блокировочных устройств, препятствующих доступу к токоведущим частям до снятия с них напряжения;

применение пониженного напряжения для ручного инструмента и изоляция металлических частей корпуса;

непрерывный контроль изоляции для отключения участков сети при снижении ее сопротивления ниже допустимого уровня;

устройство защитных заземлений, которые являются непосредственными соединениями металлических нормально не находящихся под напряжением частей с заземлителем (электродом), находящимся в непосредственном соприкосновении с почвой. Все заземлители связываются друг с другом надежными контактами и присоединяются к главным заземлителям (металлическим листам), располагаемым в зумпфе ствола и водосборнике;

применение искробезопасных оперативных цепей, в которых искрение в нормальном и аварийном случаях не может воспламенить наиболее взрывоопасную смесь газов и пыли;

использование электрооборудования и кабелей специальных видов рудничного исполнения;

применение аппаратуры управления, имеющей защиту от коротких замыканий, длительных перегрузок (тепловая защита), минимальную и нулевую защиты;

заземление предметов, на которых могут накапливаться заряды статического электричества, а также предметов и устройств, которые в аварийных случаях могут оказаться под электрическим напряжением (трубопроводы, рельсы и т. п.);

установление строгого порядка в периодичности осмотра, ревизии и ремонте электроустановок и кабельных сетей;

допуск к работам, непосредственно связанным с использованием электроэнергии, только хорошо обученных, имеющих специальные на то удостоверения людей. Работы по монтажу и ремонту электрооборудования и кабелей должны производиться не менее чем двумя лицами по письменному наряду с указанием в нем мер обеспечения безопасности.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие факторы оказывают влияние на работу электрооборудования в шахтах?
2. Каковы уровни исполнения рудничного электрооборудования?
3. Какое напряжение подается к шахтным трансформаторным подстанциям?
4. Каковы специальные профилактические меры по предупреждению поражения людей электрическим током?

28. ШАХТНАЯ ЭЛЕКТРОАППАРАТУРА И ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОВОЗНОЙ ОТКАТКИ

28.1. Аппаратура низкого напряжения

К аппаратуре низкого напряжения относятся аппараты для управления (ручного, дистанционного, автоматического) электрическими машинами и механизмами, а также для защиты этих установок, силовых цепей (сетей) к ним и обслуживающего персонала при рабочем напряжении до 1000 В.

Коммутационный электрический аппарат, служащий для пуска, остановки и защиты электродвигателей без введения в цепь тока регулируемого сопротивления, называется п у с к а т е л е м. Под термином «коммутация» понимается изменение схемы соединения электрической цепи (замыкание, размыкание, блокировка и т. п.), производимое электрическим аппаратом, в данном случае пускателем.

Для пуска или остановки электродвигателей мощностью до 5 кВт и подключения осветительных трансформаторов типа ТСШ применяются ручные взрывобезопасные пускатели типа ПРВ или ПРШ. Они имеют встроенную в корпус пускателя защиту от токов короткого замыкания предохранительными плавкими вставками.

Магнитные пускатели в рудничном взрывобезопасном исполнении типов ПМВ, ПВИ и ПВ служат для местного и дистанционного управления шахтными электроприемниками на напряжение до 1200 В, а также для защиты питающих их кабелей от токов короткого замыкания.

В настоящее время рудничные пускатели выпускаются только с искробезопасными цепями управления (ПМВИ, ПМВР, ПВИ).

Наибольшая мощность двигателя в зависимости от напряжения и типа пускателя составляет от 13 до 350 кВт. Масса пускателей изменяется в зависимости от типа от 100 до 450 кг. Наиболее мощные магнитные пускатели серии ПВИ и ПВ предназначены для пуска электродвигателей мощностью 280—350 кВт, их масса составляет 420—450 кг.

Управление магнитными пускателями осуществляется кнопочными постами типа КУВ, КУ-91-РВ-1В во взрывобезопасном исполнении. Количество кнопочных элементов изменяется от 1 до 3, номинальное напряжение до 60, 60—65 или 127 В, масса от 0,85 до 14 кг.

С помощью магнитных пускателей выполняют:

- местное управление двигателем с помощью кнопок, встроенных в пускатель;

- дистанционное управление и реверсирование двигателя специальными реверсивными пускателями ПМВИР;

- нулевую защиту;

- защиту подключенных к пускателью кабелей от токов короткого замыкания;

- защиту от самопроизвольного включения контактора пускателя при замыкании между собой проводов управления;

- контроль целостности заземляющей жилы гибкого кабеля, через который электроприемник подключен к пускателью, а также контроль максимально допустимой величины сопротивления заземляющей цепи установки;

- отключение контактора пускателя под действием температурного реле, встроенного в подключенный к пускателью электродвигатель;

- взаимную электрическую блокировку последовательности включения пускателей, управляющих взаимосвязанными машинами, составляющими одну технологическую цепь;

- питание светильников местного освещения;

- ограничение частоты включения пускателя до 1200 включений в час (кроме пускателя ПМВИ-61);

- сигнализацию о срабатывании блокировочного реле утечки тока (БРУ) и проверку его исправности.

Кроме кнопочных постов элементами пускателя являются контакторы и блокирующая аппаратура.

Контактором называется двухпозиционный электрический аппарат с самовозвратом, имеющий специальный привод и служащий для частых изменений (коммутаций) токов при условии того, что они не превышают перегрузочных величин.

Блокировкой называется часть электроаппаратуры, предотвращающая включение в работу одних частей устройства при таком

положении других его частей, которое они защищают при определенных неисправностях коммутационной сети.

Управление электродвигателями с фазным ротором, устанавливаемыми на шахтных подъемных машинах, проходческих лебедках, магистральных конвейерах производится с помощью специальной аппаратуры управления, реверсирования, динамического торможения и т. д. В качестве сопротивлений, включаемых в цепь ротора для регулирования скорости его вращения, применяются металлические ящики сопротивления ЯСВ-40-03 (скорость регулируется ступенчато) и жидкостные реостаты типа ВЖР (плавное регулирование скорости).

Для управления и защиты электродвигателей угледобывающих очистных комплексов, проходческих комбайнов, ленточных магистральных конвейерных установок, буровых машин и другого оборудования применяются взрывобезопасные магнитные станции управления (СУВ). Станции рассчитаны на управление несколькими главными и вспомогательными двигателями на напряжение 660 и 1140 В. Общая мощность нагрузки может достигать 1000 кВт, максимальная мощность подключаемого электродвигателя равна 250 кВт. Магнитные станции бывают стационарные и передвижные.

Для включения и отключения под нагрузкой низковольтной сети и автоматического отключения присоединений (фидерные кабели, отдельные электродвигатели и другие электротехнические устройства) при возникновении в них токов короткого замыкания применяются автоматические фидерные выключатели (АФВ) в рудничном взрывобезопасном исполнении. Местное управление осуществляется выключателями серии АФВ, дистанционное — выключателями серий АФВД и АВ.

Кроме защиты от токов короткого замыкания автоматические выключатели осуществляют:

- защиту при обрыве цепи дистанционного выключения (кроме выключателей АФВ-1А, АФВ-2А и АФВ-3);

- нулевую защиту (только выключатели серии АВ);

- электрическую блокировку, препятствующую включению в случае уменьшения сопротивления изоляции в отходящей сети ниже 30 кОм (только выключатели серии АВ);

- проверку действия максимальной токовой защиты, блокировочного реле утечки.

Автоматические фидерные выключатели серии АВ снабжены световой сигнализацией о срабатывании максимальной токовой защиты и блокировочного реле утечки, о состоянии, в котором находится сам автомат (работает или отключен).

Предназначенный для применения в шахтах, опасных по внезапным выбросам угля и газа, автоматический быстродействующий выключатель АБВ-250У5 отключает питающиеся от него токоприемники и непосредственно себя от питающего его трансформатора в течение 2,5 мс (так называемое опережающее отключение).

К аппаратуре низкого напряжения относится также распределительное устройство низкого напряжения (РУНН), входящее в комплект руд-

нических трансформаторных подстанций. В камере РУНН рудничной трансформаторной передвижной подстанции ТВСП-630/6-1,2 устанавливается автоматический выключатель с устройствами защиты от токов короткого замыкания (УМЗ), блок защиты от утечек тока (БЭП-1А, АЗПБ, АЗШ или РУ-1140), трансформаторы тока, электроизмерительные контрольные приборы и другие узлы электрической схемы подстанции. Кроме того, блок защиты БЭП-1А и его модификации предназначены для защиты человека от поражения электрическим током в случае прикосновения к токоведущим частям, находящимся под напряжением. Аппараты АЗПБ и РУ-1140 обеспечивают также непрерывный контроль изоляции фаз сети под рабочим напряжением и защитное отключение сети, предварительный контроль сопротивления изоляции отключенного от трансформатора магистрального кабеля с электроприемниками, самоконтроль исправности элементов схемы контроля изоляции и защитного отключения, автоматическую компенсацию емкостных токов утечки.

В последнее время разработаны и приняты в эксплуатацию аппараты бесконтактной коммутации (АБК), в которых вместо контакторов используются управляемые полупроводниковые силовые элементы.

28.2. Аппаратура высокого напряжения

К аппаратуре высокого напряжения (свыше 1000 В) относятся комплексные распределительные устройства (КРУ), которые состоят из отдельных закрытых взрывобезопасных ячеек, содержащих внутри все необходимые элементы коммутационной и защитной аппаратуры. Они применяются для комплектования центральных подземных подстанций (ЦПП), участковых распределительных пунктов (УРП) и одиночных высоковольтных потребителей (трансформаторов, двигателей, кабельных линий).

В зависимости от назначения ячейка КРУ бывает:

вводной — для подвода электроэнергии к распределительному пункту высокого напряжения;

фидерной — для питания отдельных высоковольтных кабелей;

секционной — для коммутации и защиты отдельных секций шин распределительного пункта высокого напряжения.

По способу управления ячейки КРУ подразделяются на две модификации: с ручным приводом для местного управления УРВМ и с моторно-пружинным приводом для дистанционного управления РВД. Необходимо отметить, что ячейки УРВМ сняты с производства, но еще используются на угольных шахтах. Недостатком этих КРУ является наличие масляных выключателей, в связи с чем требуется сооружать капитальные помещения. В настоящее время разработаны ячейки с воздушным электромагнитным выключателем и многощелевой камерой. Ячейки КРУ типа ЯВ-6400В не требуют сооружения специальных камер и допускают установку в открытых нишах.

Предполагается освоить в промышленном производстве взрывобезопасные высоковольтные ячейки с вакуумными камерами на напряжение 6 кВ. Этот тип высоковольтных ячеек имеет высокую механическую и электрическую износостойкость по сравнению с взрывобезопасными ячейками с гашением дуги в воздухе.

28.3. Электрооборудование электровозной откатки

В электрооборудование электровозной откатки входит электрооборудование электровозов, контактной сети, рельсового пути, гаражей и зарядных станций.

Электрооборудование электровозов состоит из тяговых двигателей, аппаратуры управления, защиты и сигнализации. В качестве тяговых двигателей электровозов наибольшее распространение получили электродвигатели с последовательной обмоткой возбуждения. Эти двигатели обеспечивают значительные пусковые моменты и обладают большой перегрузочной способностью, которые необходимы при трогании груженых составов с места и преодолении подъемов в пути. Тяговые двигатели электровозов отличаются малой чувствительностью к колебаниям напряжения сети, простотой регулирования скорости и тягового усилия, передаваемого на ведущие оси.

Тяговый двигатель состоит из неподвижного индуктора и вращающегося якоря. Полюса с обмоткой возбуждения, служащей для образования магнитного потока, располагаются на индукторе. Силовая обмотка, потребляющая основную часть электроэнергии для образования электромагнитного момента, размещается на якоре.

Двигатели переменного тока в качестве тяговых не получили распространения из-за сложности плавного регулирования скорости и момента по сравнению с машинами постоянного тока.

Для регулирования работы тяговых двигателей применяется специальная аппаратура управления.

Управление тяговыми двигателями сводится к выполнению следующих операций: пуску, разгону, торможению и остановке, реверсированию двигателя для изменения направления движения поезда. Все эти операции выполняются посредством переключения электрических цепей при помощи пускорегулирующей аппаратуры.

При непосредственном управлении все переключения в силовой цепи производятся с помощью контроллеров. В мощных электровозах силовые цепи разрываются контакторами, которые управляются вспомогательными цепями. Аппараты, управляющие контакторами и реверсорами, называются командоконтроллерами. Реверсор — это групповой переключатель для реверсирования тяговых двигателей путем изменения направления электрического тока в цепи возбуждения. Командоконтроллеры, контроллеры и реверсоры размещаются в кабине машиниста.

Реостаты (пусковые или регулировочные сопротивления) состоят из отдельных элементов, изготовленных из сплавов с большим удельным

сопротивлением. Конструктивно они выполняются в виде ленточных или проволочных спиралей. Меньшее распространение имеют пластинчатые элементы из-за их громоздкости и малой прочности. Реостаты размещаются на раме электровоза в специальной камере, которая защищает их от механических повреждений и загрязнения.

Для защиты электрооборудования силовых цепей электровозов от коротких замыканий и перегрузок применяются автоматические выключатели, плавкие предохранители и реле максимального тока.

На электровозах предусмотрена нулевая защита, осуществляемая реле напряжения, контакты которого находятся в главной силовой цепи и разрываются при уменьшении напряжения ниже допустимого значения.

Для соединения аккумуляторной батареи с контроллером используется штепсельное соединение с блокировкой, исключающей самопроизвольное отключение при движении электровоза.

Осветительная аппаратура включает осветительные фары с лампами накаливания, ящик с сопротивлениями и выключатель. Сопротивления выключаются по потенциометрической схеме с целью согласования напряжений контактной сети и лампы фары. Электрическая цепь, питающая лампы накаливания, механически заблокирована с защитным стеклом так, что при его повреждении лампа отключается.

Токоприемники служат для съема тока с контактного провода. Они бывают трех типов: штанговые, дуговые и пантографы. Штанговые токоприемники с ползунковой головкой крепятся шарнирно к корпусу электровоза и могут следовать за отклонениями проводов в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Это дает возможность смещать контактный провод в сторону от оси рельсовых путей. Недостатки таких токоприемников — сложность устройства воздушных стрелок и частые соскакивания токоприемников с контактного провода на закруглениях.

Дуговые токоприемники состоят из двух независимых контактных дуг, изолированных от основания. Каждая дуга имеет два шарнира, позволяющих ей под действием пружин поддерживать контакт с проводом при изменении высоты его подвески. Применение двух дуг уменьшает искрообразование во время движения.

Пантограф применяется на тяжелых электровозах. Он представляет собой лыжу с медными накладками, удерживаемую подвижными штангами. Управление пантографами пневматическое. Для этого на пантографе имеется две пружины подъема и одна опускания. Усилия этих пружин направлены навстречу друг другу, причем усилие опускающей пружины больше усилия поднимающей. Вследствие этого при отсутствии постороннего воздействия пантограф находится в опущенном положении. Для его подъема нужно подать сжатый воздух в пневмоцилиндр.

Для питания тяговых двигателей рудничных электровозов в шахтах, опасных по газу и пыли, применяют аккумуляторные батареи, чаще всего щелочные железоникелевые, в которых электролитом служит раствор едкого натрия или калия. Основной массой пластин с положительным электрическим зарядом является смесь гидрата оксида никеля и графита,

а пластин с отрицательным зарядом — порошок губчатого железа с примесью оксида ртути. Емкость заряда аккумуляторных батарей измеряется в ампер-часах (А·ч). Срок службы батарей определяется числом циклов заряд—разряд.

Системы питания контактных сетей подразделяются на централизованные, когда электроснабжение производится от одной подземной или поверхностной тяговой подстанции, и децентрализованные, когда тяговая цепь питается от нескольких тяговых подстанций, размещенных вдоль тяговой сети. Тяговые подстанции бывают двух типов: стационарные и передвижные. В обоих случаях они состоят из одинаковых функциональных узлов: согласующего трансформатора, блока силовых вентилях, устройства управления и защиты выпрямительного агрегата.

Тяговая сеть состоит из двух проводников, один из которых называется контактным и подвешивается на безопасной высоте, а другой называется отсасывающим и располагается вдоль рельсового пути, имея с ним электрический контакт.

При применении аккумуляторных электропоездов стационарные преобразовательные подстанции снабжаются зарядными устройствами. В этом случае помещение преобразовательной подстанции называют зарядной камерой. Зарядные камеры снабжены аппаратами для заливки электролита в аккумуляторные батареи. Подземные камеры, предназначенные для ремонта, профилактики и стоянки электропоездов, называются гаражами. Гаражи в обязательном порядке оборудуются подъемными кранами мостового типа или кран-балками с тельферными лебедками.

28.4. Аппаратура автоматизации горношахтного оборудования и контрольно-измерительные приборы

Для автоматизации работы водоотлива применяется унифицированная аппаратура УАВ и ВАВ. В комплект аппаратуры входят реле давления для контроля заливки главного насоса и управления задвижками, снабженными специальным электроприводом. С помощью указанной аппаратуры можно управлять работой до 16 насосных агрегатов.

Для автоматизации работы одного или двух насосов с помощью реле производительности и уровня на участковом и проходческом водоотливе предназначается аппаратура АВ-5 (с боковой емкостью для залива насоса) и аппаратура АВ-7. Аппаратура АВ-7 на проходческом водоотливе обеспечивает пуск и остановку насосов в зависимости от уровня воды в водосборнике, аварийную остановку одного из насосов и одновременный пуск второго, дистанционное управление насосами и сигнализацию о режиме их работы.

Автоматический контроль подачи воздуха в забой подготовительной выработки осуществляется с помощью аппаратуры автоматизации «Азот», имеющей датчик контроля воздуха ДКВ.

Аппаратура телеуправления и телесигнализации «Ветер» позволяет диспетчеру дистанционно контролировать работу до 10 одновременно

работающих в разных местах шахты вентиляторов местного проветривания.

На рельсовом подземном транспорте аппаратура средств автоматики позволяет машинисту электровоза дистанционно из кабины локомотива управлять стрелочными переводами и поддерживать связь с диспетчером.

Для контроля за режимом работы забойных машин и механизмов применяется большое число разнообразных датчиков. Дистанционное и автоматическое управление работой очистных комбайнов осуществляется с помощью системы аппаратов САУК из любой точки лавы, что повышает безопасность труда машиниста, увеличивает срок службы комбайна и повышает его производительность.

С помощью аппаратуры АРУС и МИУС ведутся дистанционное управление и непрерывный контроль за работой струговых установок.

Контроль скорости движения цепи скребкового конвейера осуществляется с помощью датчиков магнитноиндукционного типа ДМ-2М.

В системах автоматического и дистанционного управления горных машин, имеющих гидропривод на минеральном масле, широко применяется электрогидрораспределитель РП-2.

Для непрерывного контроля давления и расхода воды в оросительных системах забойных машин и автоматического отключения их приводов при снижении параметров орошения ниже установленных значений используются реле контроля давления РКД-2В, устройство УКДР-2, электромагнитный клапан ЭКВ и аппаратура КРОС.

В состав аппаратуры автоматизированного управления проходческими комбайнами входят комплект элементов датчиков, устанавливаемых на станции управления, и комплект датчиков на комбайне. Аппаратура позволяет дистанционно управлять перемещением рабочего органа комбайна и стола его погрузчика, передвижением комбайна, домкратами распорного устройства, включением (отключением) пускателя комбайна, режимом работы комбайна и др.

Автоматизация загрузки и обмена вагонеток с глухим кузовом на стационарных и полустационарных погрузочных пунктах осуществляется комплексами типа ГУАПП (ГУАПП-1-64 при погрузке из емкости, ГУАПП-2-64 и ГУАП-3-64 для загрузки с конвейеров). На таких пунктах, а также в местах перегрузки с конвейера на конвейер применяется аппаратура автоматического орошения АО-3.

При обслуживании рудничного электрооборудования используется большое число разнообразных приборов. Сопротивление кабельных сетей, не находящихся под напряжением, измеряется с помощью мегаомметров. Для измерения сопротивления электрических машин и аппаратов постоянному току используются омметры. Комбинированные многопредельные приборы типа Ц предназначены для измерения в цепях переменного и постоянного тока напряжения, силы тока, сопротивления постоянному току. Мосты постоянного и переменного тока, магазины сопротивлений применяются для измерений в машинах и механизмах сопротивлений, емкости, индуктивности. Два последних вида измерений производятся мостами переменного тока Р-571М и Р-577.

Время срабатывания аппаратуры защиты от утечек тока в шахтных сетях измеряется с помощью шахтных электрических миллисекундометров ИВ и ИВЗШ-2. Для контроля напряжения в электрических сетях шахт, опасных по газу и пыли, применяются указатели (индикаторы) напряжения ПИН-90 и УН-453. Определение мест повреждения кабеля на расположенных открыто участках гибких и бронированных кабелей производится прибором ИПК-5 (искатель повреждений кабеля).

Следующим этапом в развитии средств контроля и автоматики будет создание автоматизированных систем управления технологическими процессами угольных шахт и оперативно-диспетчерское управление (АСУТП). Первоначально будут создаваться системы, работающие в режиме информационно-советующего уровня с распределенной обработкой информации. Они позволят обеспечить автоматизированное управление процессами на очистных и подготовительных работах, подземном транспорте и энергоснабжении. Для этого предстоит освоить производство комплекса контроля за работой очистных комбайнов, аппаратуры телемеханики, датчиков контроля положения и загрузки комбайна, комплекса оборудования для диспетчера на базе микропроцессорной техники и цветных графических терминалов. В области подготовительных работ для функционирования системы АСУТП необходимо производство датчиков контроля за работой проходческого оборудования с электроприводом, датчиков контроля проходческого цикла и включенного состояния горных машин с пневмоприводом. Рельсовый транспорт должен быть обеспечен устройствами формирования информации для счета вагонеток, секций поездов, модернизированных индикаторов работы погрузочного пункта.

На базе систем АСУТП информационно-советующего уровня должны возникнуть системы АСУТП информационно-управляющего уровня с использованием мини- и микроЭВМ и микропроцессорной техники.

Вопросы для самоконтроля

1. В чем заключается назначение и каковы основные функции пускателей?
2. Каковы основные элементы пускателя?
3. Что такое автоматический фидерный выключатель и каково его назначение?
4. Для чего предназначены комплектные распределительные устройства?
5. Какие аппараты применяются для управления тяговыми двигателями электровозов?
6. В чем измеряется емкость заряда аккумуляторной батареи электровоза?
7. Какова перспектива развития автоматизации подземных горных работ?

29. ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ШАХТЫ

29.1. Схема электроснабжения шахты

На основной промплощадке каждой шахты располагается главная поверхностная электроподстанция (ГПП) (рис. 29.1), от которой питаются электроэнергией все подземные и большинство поверхностных

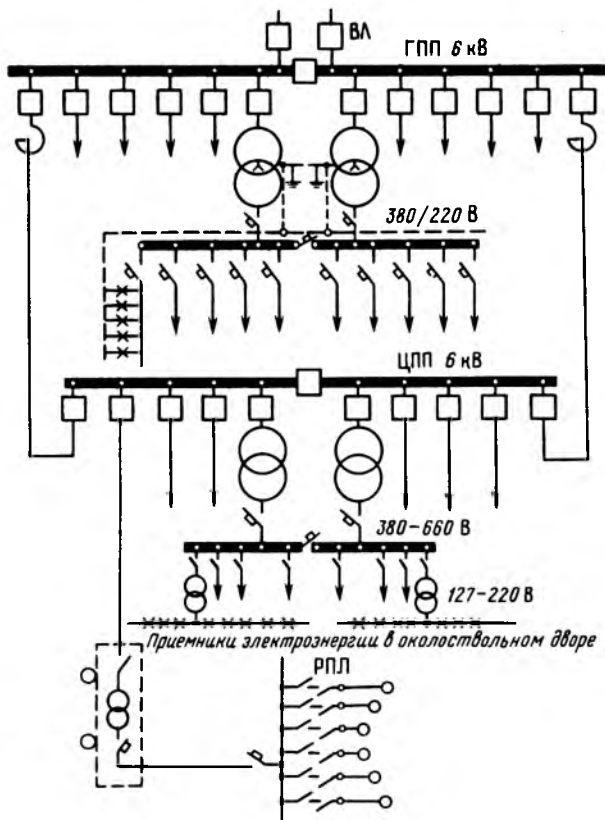


Рис. 29.1. Схема электроснабжения шахты

энергопотребителей. Удаленные от промплощадки и не связанные с горными работами электроприемники могут питаться от других подстанций.

Подача электроэнергии на ГПП производится не менее чем по двум воздушным линиям электропередачи (ВЛ) под напряжением 35, 110 или 220 кВ. Каждая из этих линий должна в случае выхода из строя другой линии обеспечивать нормальную работу всех электроприемников шахты. Обе питающие ГПП линии должны постоянно находиться под напряжением.

На ГПП устанавливается не менее двух основных понизительных трансформаторов и обычно не менее двух разделительных трансформаторов для обособленного питания потребителей, что значительно повышает надежность электроснабжения.

Для распределения электроэнергии по подземным потребителям в околоствольном дворе устраивается центральная подземная подстанция

(ЦПП). Обычно ЦПП и центральная насосная камера шахты располагаются в одной камере.

От ГПП к ЦПП идут не менее двух питающих кабелей на напряжение 3,6 или 10 кВ (чаще 6 кВ). От ГПП высоковольтные кабели и воздушные линии прокладываются также к поверхностным потребителям (главная вентиляторная установка, клетевой и скиповой подъемы, трансформаторные подстанции и скважины на поверхности).

С помощью комплектных распределительных устройств, установленных в ЦПП, электроэнергия по кабельным линиям подается к участковым распределительным пунктам, которые устраиваются в специальных камерах, а от них по бронированным или полугибким высоковольтным кабелям — к передвижным комплектным трансформаторным подстанциям, понижающим напряжение до 380, 660 или 1140 В. Комплектная трансформаторная подстанция (КТП) включает сухой трансформатор, помещенный во взрывобезопасную оболочку, и распределительные устройства высокого и низкого напряжения.

От КТП электроэнергия подводится к распределительному пункту лавы (РПЛ), где через фидерный автомат и пускатели с дистанционным управлением запитываются электроприводы забойных машин и осветительное оборудование.

По мере развития горных работ комплектная трансформаторная подстанция и распределительный пункт лавы передвигаются.

При глубине откаточного горизонта до 200 м считается возможным подавать питание к участковым подстанциям по воздушным линиям к скважинам, а по скважинам — по кабелям. Этот способ используют также для закольцовывания электрических питающих цепей шахты.

29.2. Коэффициент мощности шахтных электроустановок

Наиболее важным в экономике электроснабжения предприятия является вопрос о коэффициенте мощности и методах его повышения. Электрические машины расходуют электроэнергию, не считая тепловых потерь, на два физических процесса: образование электромагнитного момента и создание магнитного потока.

Мощность, потребляемая из сети для образования крутящего момента, называется *а к т и в н о й* (P), а мощность, потребляемая из сети для образования магнитного потока в зазоре, — *р е а к т и в н о й* (Q). Геометрическая сумма активной и реактивной мощностей является *п о л н о й м о щ н о с т ь ю* (S), потребляемой из сети.

$$S = P + jQ = \sqrt{3}(UI \cos \varphi + jUI \sin \alpha),$$

где U — напряжение сети, В; I — потребляемый из сети ток, А; φ — угол сдвига по фазе между током и напряжением на зажимах электропотребителя, градус; j — комплексный оператор, используемый при векторной записи параметров режима (состояния) в сетях переменного тока.

В выражении полной мощности при одних и тех же значениях тока

и напряжения удельный вес активной мощности будет больше, чем, больше $\cos \varphi$. Эта величина называется коэффициентом мощности. Если предприятие рассматривается как единый потребитель активной и реактивной энергии, измеряемой счетчиками, то его режим характеризуется средневзвешенным значением

$$\cos \varphi = W_a / \sqrt{W_a^2 + W_p^2},$$

где W_a — показания счетчика активной электроэнергии; W_p — показания счетчика реактивной энергии.

Правила устройства электроустановок регламентируют значение средневзвешенного шахтного $\cos \varphi$, равное 0,92.

Основными мероприятиями по повышению коэффициента мощности являются:

- применение мощных синхронных двигателей в режиме перевозбуждения;

- высокая загрузка асинхронных двигателей;

- установка на поверхностных подстанциях батарей статических конденсаторов.

Мероприятия по повышению коэффициента мощности стимулируются при оплате электроэнергии. В настоящее время на шахтах для оплаты электроэнергии действует двухставочный тариф оплаты за установленную мощность и израсходованную по счетчику энергию.

Установленная мощность определяется по суммарной мощности высоковольтных двигателей и трансформаторов для питания низковольтных потребителей. При $\cos \varphi$, большем 0,92, предприятие премируется скидкой с тарифа, а при $\cos \varphi$, меньшем 0,92, штрафуются повышением тарифа.

29.3. Конструкции шахтных кабелей и их прокладка в горных выработках. Кабельные муфты

По значению допустимого к передаче напряжения шахтные кабели делятся на низковольтные (до 1000 В) и высоковольтные (свыше 1000 В), а по виду исполнения — на гибкие и бронированные.

В подземных выработках для различных целей и с учетом условий внешней среды согласно ПБ должны применяться кабели только определенных марок и соответствующих параметров.

Бронированные кабели на напряжение 6 и 10 кВ используются для присоединения центральной, стационарных капитальных, участковых передвижных подстанций и участковых распределительных пунктов. При этом для стационарной прокладки по капитальным выработкам с углом наклона более 45° применяются кабели с нестекающей изоляцией (резиновой, полихлорвиниловой или бумажной, обедненно пропитанной маслом) в свинцовой или поливинилхлоридной оболочке с проволочной наружной броней.

Бронированные кабели на напряжение от 1 до 6 кВ используются

для подключения стационарных электроустановок, цепей контроля и управления этими установками, а также для стационарной осветительной сети.

Гибкие экранированные кабели на напряжение 380, 660 и 1140 В предназначены для питания передвижных горных машин и механизмов.

Для подключения переносного электрического бурильного инструмента применяются особо гибкие экранированные кабели типа ШРБЭ. Гибкие кабели используются также для контрольных цепей и цепей управления, сигнализации, телеконтроля, связи и освещения.

Изоляционные оболочки и защитные покрытия шахтных кабелей выполнены из материалов, не распространяющих горение.

Запрещается применение в шахтах и в помещениях на поверхности со взрывоопасной средой кабелей всех назначений с алюминиевыми жилами или алюминиевой оболочкой.

Бронированные кабели имеют три силовые жилы, каждая из которых скручена из пучка медных проволок. Жилы изолированы друг от друга бумагой, пропитанной диэлектрической жидкостью, и помещены в свинцовую оболочку. Свинцовая оболочка армирована броней из стальных лент или проволоки, поверх которой накладывается слой синтетического или другого шпата, пропитанного минеральной смолой.

Пример обозначения бронированного кабеля — СБМ-3×50 (в свинцовой оболочке, бронированный стальными лентами с изоляцией из пропитанной бумаги, в негорючей оплетке, с тремя медными жилами с площадью поперечного сечения 50 мм² каждая).

Пример обозначения для гибкого кабеля — ГРШЭ-3×16+1×10 (повышенной гибкости, с резиновой изоляцией в шланге из маслобензиностойкой резины, не распространяющей горения, экранированный, с тремя силовыми жилами и одной жилой для заземления).

Недостаток бронированных кабелей — отсутствие жил для оперативного контроля и управления. Некоторые марки бронированных кабелей не имеют и заземляющей жилы. Цепь заземления образуется соединением брони отдельных кабелей.

Гибкие силовые кабели обязательно имеют жилу для заземления и до пяти вспомогательных жил для контроля и управления. Специальные кабели для средств контроля имеют до 61 жилы, а телефонные — до 160 (80 пар).

Для соединения и разъединения шахтных гибких силовых кабелей друг с другом служат штепсельные разъемы типа РШ или штепсельные соединители типа СН. Для соединения бронированных кабелей применяются чугунные муфты типа СЧ. Штепсельные разъемы РШ имеют три главных, три контрольных и один заземляющий контакт. При помощи штепсельных соединителей в защитном исполнении вида РВ-ЗВ-И можно соединять (разъединять) отрезки гибких кабелей между собой или присоединять (разъединять) их к горным машинам. Соединители СНВ имеют девять контактов: три силовых, пять для цепей управления и один заземляющий. Гибкие кабели можно соединять также методом горячей вулканизации, не допуская более четырех соединений на длине кабеля в 100 м.

Соединительными чугунными муфтами СЧ и СЧм соединяют концы бронированных силовых кабелей с бумажной изоляцией в свинцовой оболочке с защитными покровами или без них. Тройниковые взрывобезопасные муфты типа ТМ-10М (для бронированного магистрального кабеля осветительной сети) и ТМ-6 (для гибкого магистрального кабеля) служат для отключения гибким кабелем отдельных светильников.

Полугибкие кабели марки ЭВТ соединяют при помощи специальных муфт. Каждая из них чаще всего выполнена в виде полого цилиндра с уплотнителями, иногда заполняемыми изоляционным компаундом или дугогасящим материалом.

Присоединение в шахтах жил контрольных кабелей производится с помощью кабельных ящиков типа ЯРВ и КЯ, а телефонных кабелей — с помощью шахтных телефонных коробок типа ШТК. Строительная длина гибких силовых кабелей 150—200 м, а телефонных — не менее 400 м.

Вопросы для самоконтроля

1. Каковы необходимые условия для подвода электроэнергии к ГПП?
2. Какова схема передачи электроэнергии от ГПП до потребителей в очистных забоях?
3. Что такое активная и реактивная мощность, потребляемая из сети?
4. Что такое установленная мощность?
5. Какие виды исполнения имеют шахтные электрические кабели?
6. Какова конструкция бронированных шахтных кабелей?
7. Какова конструкция шахтных гибких кабелей?
8. Какие виды соединений и разъединений шахтных кабелей используются в шахтах?

Часть IX

ОСНОВЫ ГОРНОЙ МЕХАНИКИ

30. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ТУРБОМАШИНАХ

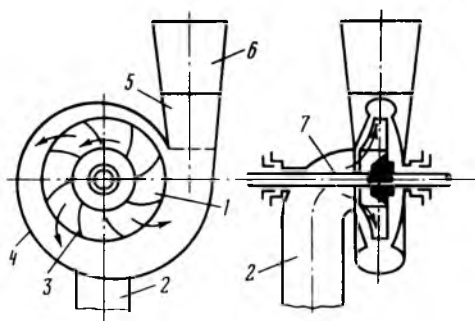
30.1. Понятие о турбомашинах и их классификация

Турбомашины позволяют преобразовывать один вид энергии в другой при помощи лопаток рабочего колеса. Поступающая к турбомашине электроэнергия превращается в работу вращения вала электродвигателя. Эта работа, приложенная к валу рабочего колеса (турбине), преобразуется с помощью его лопаток в энергию движущихся масс воздуха (газов) или воды.

Турбина может работать в обратном режиме, когда энергия воды, воздуха или пара прикладывается к лопаткам рабочего колеса (колес),

Рис. 30.1. Схема центробежной турбомашины

1 — рабочее колесо; 2 — всасывающий патрубок; 3 — лопатка рабочего колеса; 4 — направляющий кожух; 5 — нагнетательный патрубок; 6 — диффузор; 7 — вал



вращает это колесо вместе с валом и с помощью последнего приводит в движение рабочий орган другой машины, которая производит работу или преобразует энергию, получаемую турбиной, в другой вид (например, паровая турбина и генератор электроэнергии).

К турбомашинам относятся центробежные и осевые вентиляторы и насосы, турбовоздуходувки и турбокомпрессоры.

Турбомашины для перемещения воздуха или газа под давлением не более 10 кПа называются вентиляторами. Они применяются для проветривания шахт, промышленных и жилых зданий, отсасывания вредных газов, дыма и т. п. Эти машины могут быть использованы также для транспортирования некоторых веществ и материалов (зерно, опилки, хлопок, угольная пыль, цемент и др.).

Турбомашины, предназначенные для перемещения жидкости, представляют собой насосы.

Турбомашины, при помощи которых получают сжатый воздух или газ (смеси различных газов), называют турбовоздуходувками (диапазон сжатия 10—30 кПа) и турбокомпрессорами (давление выходящих газов более 30 кПа). Воздуходувки в горном деле практически не применяются.

В зависимости от направления движения текучего (жидкости или газа) по отношению к оси вращения рабочего колеса турбомашин последние делятся на центробежные и осевые.

В центробежных турбомашинах текучее движется в радиальном направлении под действием центробежной силы от вращения лопаток рабочего колеса (рис. 30.1), а в осевых — вдоль оси рабочего органа под действием лопаток специального пропеллерного профиля (рис. 30.2).

Одно колесо рабочего органа (турбины) турбомашины может создать давление (напор) не больше определенной величины. Увеличение напора достигается применением многоколесных рабочих органов (многоколесные центробежные насосы, осевые вентиляторы, турбокомпрессоры). Центробежные вентиляторы и осевые насосы имеют, как правило, одно рабочее колесо.

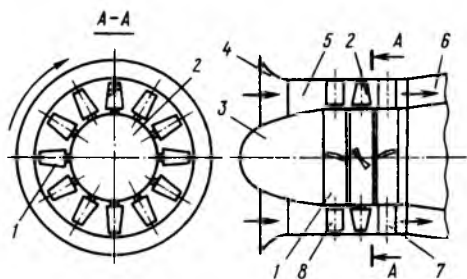


Рис. 30.2. Схема осевой турбомашины:

1 — лопатка рабочего колеса; 2 — рабочее колесо; 3 — обтекатель; 4 — всасывающий патрубок; 5 — кожух рабочего колеса; 6 — диффузор; 7 — спрямляющий аппарат; 8 — направляющий аппарат

30.2. Принцип действия и устройство центробежной и осевой турбомашин

Принцип действия центробежной турбомашины виден из рис. 27.1. Частица текучего, находящаяся на внутренней кромке лопатки вращающегося рабочего колеса турбомашин, увлекается и отбрасывается центробежной силой к внешней кромке лопатки. После поворота колеса на некоторый угол частица сбрасывается с лопатки в кожух. Уход частиц с внутренней кромки создает разрежение, и на их место поступают другие частицы.

Рабочее колесо с лопатками закреплено на валу и закрыто кожухом. К рабочему колесу турбомашин текучее поступает по всасывающему патрубку.

Выбрасывание частиц с лопаток рабочего колеса в кожух создает в нем повышенное давление, под действием которого текучее направляется к нагнетательному патрубку. Дальнейший путь текучего зависит от вида турбомашин. В вентиляторах к нагнетательному патрубку присоединяют диффузор, в центробежных насосах — трубопровод. Назначение диффузора — уменьшить потерю энергии исходящей струей воздуха.

Лопатки рабочего колеса могут быть расположены радиально, загнуты вперед или назад по ходу движения. В турбомашин с лопатками, загнутыми вперед, обеспечивается большая скорость схода частиц с лопаток и создается большее давление. При одной и той же подаче турбомашин с лопатками, загнутыми вперед, имеют меньшие размеры, чем другие. Недостаток машин такого типа — меньший к.п.д. Для турбомашин с лопатками, загнутыми назад, характерен более высокий к.п.д., но меньшая подача и меньший напор. В связи с этим для получения заданных значений подачи и напора приходится увеличивать размеры турбомашин. Турбомашин с радиально расположенными лопатками имеют средние показатели по сравнению с рассмотренными выше.

В вентиляторах с большой подачей, устанавливаемых на поверхности, применяют лопатки, загнутые назад. Повышение экономической эффективности вентилятора при увеличении его подачи имеет большое значение. В вентиляторах местного проветривания используют лопатки, за-

гнутые вперед. Это объясняется тем, что уменьшение размеров вентилятора в подземных условиях имеет существенное значение, тогда как перерасход энергии в связи с малой мощностью вентилятора незначителен.

У насосов лопасти делают загнутыми назад, что дает повышение к.п.д. Увеличение же напора достигается путем применения нескольких колес.

Осевая турбомашина (см. рис. 30.2) состоит из рабочего колеса с лопатками, закрепленного на валу. Лопатки закреплены на валу под углом к плоскости вращения колеса. Частицы воздуха, соприкасающиеся с лопаткой, отбрасываются наклонной плоскостью лопатки в направлении вращения. Перед входом в колесо создается разрежение, а за колесом — повышенное давление. На место отброшенных частиц поступают следующие, что создает непрерывный поток воздуха. Рабочее колесо заключено в кожух, к которому на всасывающей стороне прикреплен всасывающий патрубок, а на нагнетающей — диффузор. При проветривании в зависимости от того, работает ли вентилятор на всасывание или на нагнетание, трубы присоединяют к всасывающей или нагнетающей части кожуха. Для повышения к.п.д. вентилятора на всасывающей части установлен обтекатель, а перед рабочим колесом — направляющий аппарат. Для выравнивания воздушного потока после схода с рабочего колеса имеется спрямляющий аппарат.

30.3. Основные положения по эксплуатации турбомашин

Шахтные вентиляционные, насосные и компрессорные установки в очень большой степени влияют на безопасную и экономически эффективную работу шахты.

Это обусловлено необходимостью непрерывной подачи в шахту свежего воздуха для проветривания горных выработок, своевременной откачки подземных вод, снабжения сжатым воздухом забоев на шахтах, опасных по газу, и т. п. Важнейшее требование к указанным установкам — их высокая эксплуатационная надежность.

Вентиляторы, насосы и компрессоры являются основными потребителями электроэнергии на шахте. Естественно, что все они должны работать в наиболее экономичных зонах своих характеристик и с наибольшим к. п. д. При этом установки должны иметь резерв по производительности не менее 30% для насосов и компрессоров и в пределах 20—45% для вентиляторов, допускать регулирование в широких пределах по напору и производительности в соответствии с требованиями конкретной обстановки. Постоянное внимание к возможному уменьшению сопротивления сети горных выработок, трубопроводов также способствует уменьшению расхода электроэнергии и повышению уровня рентабельности предприятия.

Установки необходимо своевременно осматривать на предмет исправности и профилактического ремонта. Их ревизия, наладка и ремонт должны вестись специальными бригадами с использованием соответствующего оборудования.

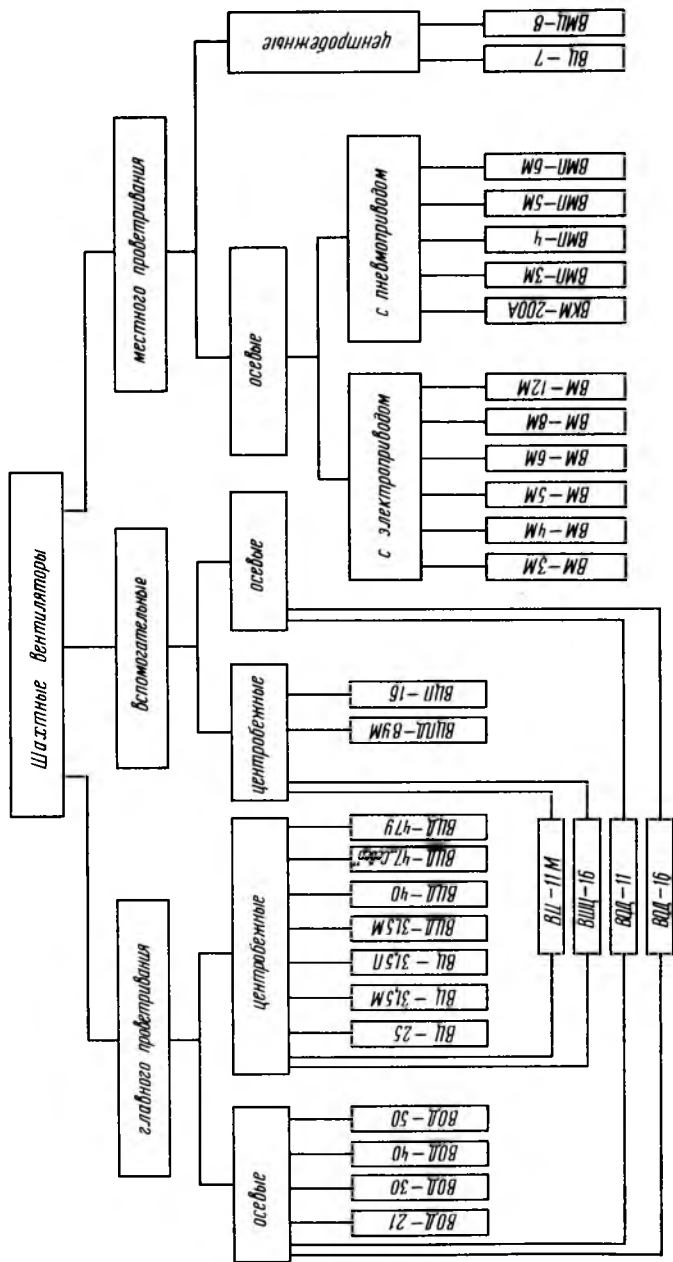


Рис. 31.1. Классификация вентиляторов

Запуск в работу и остановка вентиляторов и насосов должны производиться с предварительным перекрытием линии нагнетания (вхолостую). После набора двигателем полных оборотов линию нагнетания необходимо постепенно открыть.

Вопросы для самоконтроля

1. Каков принцип действия турбомашин?
2. В чем отличие центробежных турбомашин от осевых?
3. Каково назначение диффузора?
4. Из каких основных элементов состоит осевой вентилятор?

31. ШАХТНЫЕ ВЕНТИЛЯТОРЫ И ВЕНТИЛЯЦИОННЫЕ УСТАНОВКИ

31.1. Типы шахтных вентиляторов

Классификация современных вентиляторов приведена на рис. 31.1. Вентиляторы характеризуются подачей Q , статическим давлением $p_{ст}$ при работе на всасывание или полным давлением p при работе на нагнетание, потребляемой мощностью на валу вентилятора N и статическим ($\eta_{ст}$) или полным (η) к. п. д. Мощность вентилятора связана с другими параметрами выражением

$$N = Qp/1000\eta.$$

Индивидуальными характеристиками вентилятора являются зависимости давления, мощности и к. п. д. от подачи. Современные вентиляторы обладают средствами изменения индивидуальных характеристик: осевые — регулируемые прямыми аппаратами и рабочими колесами с регулируемыми углами установки лопаток, центробежные — регулируемые направляющими аппаратами и регулируемым приводом.

Индивидуальные характеристики образуют поле рабочих режимов вентиляторов. Область промышленного применения поля режимов ограничивается условиями экономичной и устойчивой работы вентиляторов. Вентиляционная установка главного проветривания может работать экономично только при условии, если ее к. п. д. не ниже 0,6, а установка местного проветривания — при минимальном значении к. п. д. 0,5. Область промышленного применения (экономичной работы) вентилятора характеризует его возможные экономичные режимы в процессе длительной эксплуатации. В этом отношении наиболее широкую область экономичной работы, а следовательно и наибольшую глубину регулирования имеют центробежные вентиляторы с регулированием скорости вращения турбины (колеса) и осевые с регулируемым углом установки лопаток рабочего колеса.

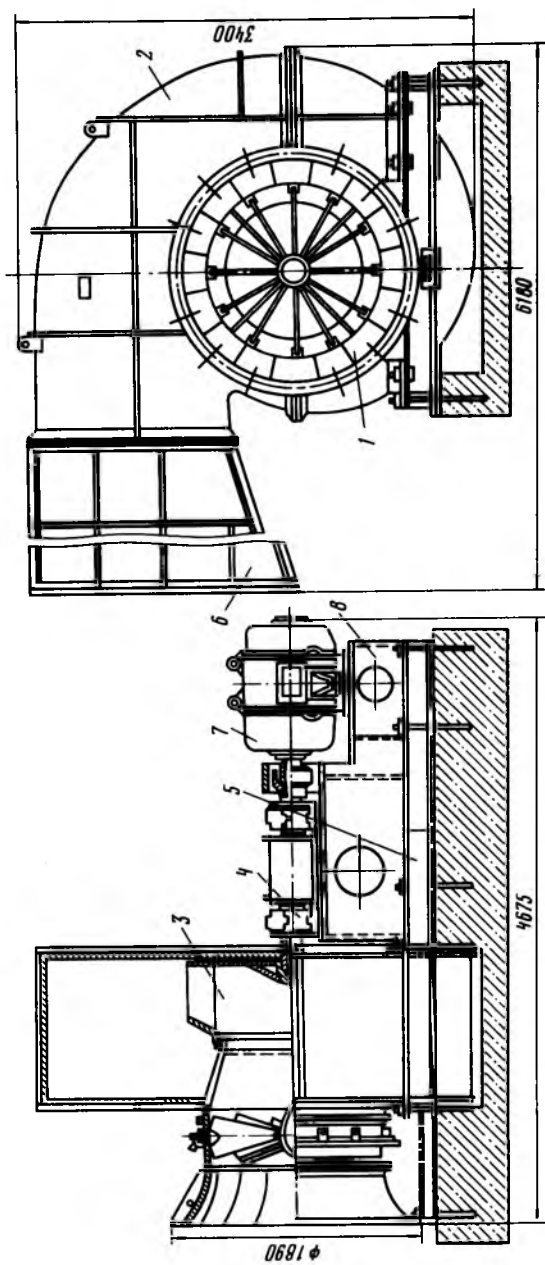


Рис. 31.2. Схема вентиляционной установки с центробежным вентилятором ВЩЦ-16

31.2. Центробежные вентиляторы

Для вентиляционных установок главного проветривания применяют центробежные вентиляторы типов ВЦ (одностороннего всасывания) и ВЦД (двухстороннего всасывания) с подачей от 30 до 715 м³/с и статическим давлением от 0,5 до 9,2 кПа. В качестве вспомогательных вентиляторов используются центробежные вентиляторы типов ВЦ, ВШЦ (шурфовый), ВЦП и ВЦПД-8УМ (П — проходческий для проветривания забоев шахтных стволов) с подачей от 5 до 46 м³/с и с давлением 0,51—6,68 кПа. Цифры в маркировке вентиляторов показывают диаметр рабочего колеса в дециметрах.

Центробежные вентиляторы ВЦ-7 и ВМЦ-8 применяются также для проветривания тупиков проводимых подготовительных выработок и восстанавливаемых выработок, т. е. используются в качестве вентиляторов местного проветривания. Подача их невелика — порядка 4—7 м³ при работе в оптимальном режиме при давлении 5—5,5 кПа.

Центробежный вентилятор (рис. 31.2) состоит из рабочего колеса 1, спирального корпуса 2, направляющего аппарата 3, главного вала 4, рамы 5, диффузора 6, электродвигателя 7 и подставки 8. Рабочее колесо вентилятора ВШЦ-16 представляет собой конструкцию, которая включает восемь крыловидных лопаток, приваренных к плоскому заднему и коническому переднему дискам, ступицу и обтекатель. Спиральный корпус вентиляторов выполнен литым. Осевые направляющие аппараты вентилятора ВШЦ-16 состоят из 12 плоских лопаток, регулирующих механизмов одновременного поворота лопаток и обтекателя.

Изменение режима работы по подаче и давлению, реверсирование воздушной струи, переход с рабочего вентилятора на резервный, а также включение и выключение вентиляторов производятся с помощью специальных комплексов аппаратуры дистанционного управления.

Современные центробежные вентиляторы характеризуются значительной глубиной зоны экономической работы, хорошей настройкой на необходимый шахте вентиляционный режим, минимальными затратами мощности.

31.3. Осевые вентиляторы

Вентиляторы для установок главного проветривания типа ВОД имеют подачу от 20 до 650 м³/с и развивают статическое давление в области промышленного использования от 0,8 до 3,4 кПа. Все они (кроме ВОД-11) выполнены реверсивными и в состоянии обеспечить при реверсе не менее 60% нормальной подачи, как того требуют ПБ.

Осевые вентиляторы местного проветривания имеют подачу в оптимальном режиме от 1 до 20 м³/с для вентиляторов с электроприводом и от 0,4 до 6 м³/с для вентиляторов с пневмоприводом. Полное давление, достигаемое этими вентиляторами, составляет 0,93—2,75 кПа.

Все осевые вентиляторы во время работы сильно гудят. Для снижения шума строят специальные шумопоглощающие помещения на выходе

из диффузора (для вентиляторов, расположенных на поверхности) или подсоединяют к всасу и со стороны нагнетания специальные глушители шума типа ГШ. По этой же причине вентиляторы типа ВОД не имеют входных направляющих аппаратов, а в вентиляторе ВОД-16 отсутствует также спрямляющий аппарат, а его рабочие колеса вращаются встречно.

Регулирование подачи осевых вентиляторов (кроме вентиляторов местного проветривания) производится путем изменения угла установки лопаток рабочего колеса (колес) от 15 до 45°.

31.4. Вентиляционные установки

Все применяемые на шахтах вентиляторы могут работать или на всасывание, или на нагнетание в зависимости от того, куда подключена вентиляционная сеть (воздуховод) — к всасу вентилятора или со стороны нагнетания.

Вентиляторы могут подключаться для работы на сеть параллельно друг другу (в основном для увеличения подачи в сеть воздуха) и последовательно (для значительного увеличения давления в сети при сравнительно небольшом приросте подачи). При этом должны применяться однотипные вентиляторы с одинаковыми характеристиками.

Вентиляционная установка должна работать непрерывно. Для этого она должна постоянно обслуживаться машинистом или быть полностью автоматизированной при высвечивании всех параметров работы вентилятора на табло в диспетчерском пульте.

Остановить работающий вентилятор имеют право только лица, которые обладают соответствующими полномочиями, записанными в их должностных инструкциях. При этом они должны соблюдать установленные для каждого рода вентиляционных установок специальные правила. Остановка работающего вентилятора лицом, не имеющим на это право, должна рассматриваться как чрезвычайное происшествие, а самопроизвольное отключение — как авария, требующая немедленного разбирательства.

Фактические показатели работы каждой вентиляционной установки должны периодически измеряться прикрепленными лицами или автоматически записываться приборами и сверяться с проектными показателями.

Главная вентиляционная установка должна состоять из двух самостоятельных и однотипных агрегатов (один в резерве, другой в работе). На негазовых шахтах допускается установка одного вентилятора с резервным двигателем.

Правила безопасности требуют, чтобы главная вентиляционная установка была способна не более чем за 10 мин «опрокинуть» воздушную струю, т. е. изменить движение воздуха в проветриваемых выработках на обратное. Это иногда необходимо при возникновении пожара или взрыва в шахте. Подача воздуха в реверсивном режиме ГВУ не должна быть меньше 60% подачи при нормальном режиме работы. Реверсирование производится при помощи обводного вентиляционного канала,

специальных ляд и шиберов, устанавливаемых на каналах и у диффузоров вентиляторов, без изменения направления вращения рабочего колеса работающего вентилятора.

Осевые вентиляторы можно реверсировать изменением направления вращения рабочего колеса (если это допускается их технической характеристикой и подача воздуха в обратном направлении составляет не менее 60% нормальной).

В опытно-учебных целях реверсирование вентиляционной струи производится не реже двух раз в год (летом и зимой) в периоды наибольшего влияния естественной тяги на проветривание шахты. Оно также обязательно при замене вентиляторов или существенном изменении схемы проветривания шахты. Проверка исправности реверсивных и герметизирующих устройств осуществляется ежемесячно.

Потери воздуха за счет утечек (подсосов) через неплотности элементов реверсивных устройств и других сооружений вентиляционной установки не должны превышать 10% фактической подачи вентилятора на данную сеть. Ревизия и наладка главных вентиляционных установок производится не реже одного раза в два года.

Главная вентиляторная установка должна иметь две линии электропитания (рабочую и резервную).

Площадки размещения всех вентиляторов на поверхности должны иметь ограждение, препятствующее проникновению посторонних лиц.

При остановке вентилятора, установленного на поверхности, и невозможности его повторного запуска или запуска резервного вентилятора должны быть открыты ляды (клапаны) для свободного прохода воздуха через вентиляционную установку за счет естественной тяги.

Ежеуточный осмотр вентиляционных установок производится рабочими, назначенными главным механиком шахты, с обязательной записью результатов осмотра в специальную книгу. При этом особое внимание обращается на состояние каналов, ляд, шиберов, рабочих и резервных вентиляторов на предмет обмерзания в холодное время года.

Вентиляторы местного проветривания подбираются с таким расчетом, чтобы их подача обеспечивала поступление необходимого количества воздуха к забою подготовительной выработки при его удалении на проектное расстояние. На практике воздух подается по двум параллельным трубам двумя раздельно установленными вентиляторами, или по одному ставу труб двумя однотипными вентиляторами, установленными последовательно либо параллельно. Это позволяет надежно проветривать выработки с площадью поперечного сечения до 20 м² на длину до 1600 м. Для проветривания тупиковых выработок с площадью поперечного сечения до 14 м² на длину до 2500 м и вертикальных стволов диаметром до 5 м и на глубину до 800 м и применяют центробежные вентиляторы ВЦ-8.

При обслуживании вентиляторов местного проветривания необходимо не реже одного раза в три месяца проверять исправность деталей, состояние смазки в подшипниках и состояние кабельного ввода. После

6-месячной работы вентилятора в шахте он должен быть выдан на поверхность в мастерскую для полной разборки, ревизии и ремонта.

Необходимо постоянно проверять правильность сборки и подвески става трубопроводов с целью исключения или уменьшения утечек воздуха. Трубы подвешивают оголенными проводами (металлической проволокой) к стальному заземленному тросу. Если став смонтирован из труб разного диаметра, то трубы большего диаметра должны быть расположены ближе к вентилятору. В местах перехода, на закруглениях и поворотах применяются специальные переходники и колена. Стыки труб тщательно уплотняются.

Расстояние от конца вентиляционных труб до забоя не должно превышать 8 м. В конце гибкого воздуховода навешивают трубу из жесткого материала длиной не менее 2 м или вставляют в трубу не менее двух жестких распорных колец, чтобы обеспечивать нормальное сечение выходного отверстия трубы.

Вопросы для самоконтроля

1. Какова классификация вентиляторов?
2. Что такое индивидуальные характеристики вентилятора и каковы средства их изменения?
3. В чем назначение параллельного и последовательного подключения вентиляторов?
4. Каковы требования ПБ к главной вентиляционной установке?
5. Каковы требования к сборке и подвеске става вентиляционных труб?
6. В чем заключаются правила обслуживания вентиляторов местного проветривания?

32. НАСОСЫ И ШАХТНЫЕ ВОДООТЛИВНЫЕ УСТАНОВКИ

32.1. Общие сведения о шахтном водоотливе

В ходе строительства и эксплуатации горнодобывающего предприятия в горные выработки поступает вода, которую приходится откачивать на поверхность. Количество откачиваемой воды зависит от гидрогеологических условий, времени года и колеблется для различных шахт в широких пределах. Общий приток воды в шахту измеряется в $\text{м}^3/\text{час}$. Относительный приток воды в шахту определяется коэффициентом водообильности

$$k = Q_{\text{в}} / A,$$

где $Q_{\text{в}}$ — абсолютный приток воды, $\text{м}^3/\text{сут}$; A — добыча шахты, $\text{т}/\text{сут}$.

Вода, которая поступает в выработки, расположенные выше горизонта околоствольного двора, отводят по водоотливным канавкам в главный водосборник околоствольного двора. Воду, поступающую в выработки уклонной части шахтного поля, откачивают насосами в водоотлив-

ные канавки выработок откаточного горизонта, по которым она поступает в водосборник околоствольного двора.

Водоотливная установка, расположенная в околоствольном дворе, называется главной водоотливной установкой. Водоотливная установка, которая служит для перекачки воды из выработок уклонных полей или пониженных частей, называется вспомогательной.

32.2. Виды насосов, применяемых на горных предприятиях

По принципу действия и конструкции насосы разделяются на четыре группы: поршневые и роторные; турбонасосы (центробежные и осевые, включая и вихревые); насосы без специального приводного механизма (эрлифты, пневматические, струйные и др.); вакуумнасосы.

Поршневые насосы по роду вытесняющего органа классифицируются на собственно поршневые, плунжерные, диафрагменные. По способу действия — они разделяются на насосы простого, двойного и дифференциального действия, по положению цилиндра — на горизонтальные и вертикальные. Кроме того, поршневые насосы отличаются числом цилиндров, родом перекачиваемой жидкости, а также подачей и развиваемым напором.

П л у н ж е р о м называется массивный цилиндрический удлиненный поршень с кольцевыми уплотнениями. В шахтах плунжерные насосы применяются в насосных установках УНР, УН-35, 2УГНМ и НВУ-30М, предназначенных для нагнетания воды под давлением до 40 МПа в пласт с целью увлажнения, дегазации и разгрузки от напряжений угольного массива.

Роторные (шестеренчатые) насосы НШ, Г11-2 применяются для перекачки различных масел в гидроприводе горных машин.

Наибольшее распространение на горнодобывающих предприятиях получили центробежные насосы. Эти насосы классифицируются по напору (низкий, средний, высокий напор), расположению вала (горизонтальные, вертикальные), числу рабочих колес (одноступенчатые, многоступенчатые), наличию или отсутствию направляющего аппарата, с одно- или двухсторонним всасыванием, конструкции корпуса (моноблочные, секционные).

Для главного водоотлива используются центробежные насосы типа ЦНС и МС с подачей от 180 до 500 м³/ч и напором от 85 до 130 м. Они многоступенчатые, секционные, горизонтального исполнения. Начальные буквы типоразмеров насосов означают наименование — ЦНС (центробежный насос секционный), цифры после букв указывают номинальную подачу насоса (м³/ч), цифры после дефиса — напор в расчетном режиме (м) при минимальном и максимальном числе ступеней. Буква К после аббревиатуры ЦНС означает, что насос кислотоупорный.

В обозначении серии насосов МС первая цифра обозначает округленный и уменьшенный в 10 раз диаметр входного патрубка (мм), аббре-

виатура МС — многоступенчатый, секционный, буква К — кислотоупорный, цифра после дефиса — коэффициент быстроходности, уменьшенный в 10 раз и округленный.

Водоотливная установка с центробежным насосом (рис. 32.1) включает насос 1, электродвигатель 2 с пускателем 3, всасывающий трубопровод 4 с фильтровальной сеткой 5, нагнетательный трубопровод 6 с арматурой. Для защиты от гидравлических ударов нагнетательный трубопровод снабжен предохранительным клапаном. Для отключения насоса от нагнетательного трубопровода служит задвижка 7.

Для пуска насоса его необходимо предварительно заполнить водой. Заливка насоса производится по трубе 8 через воронку 13. Спуск воды из нагнетательного трубопровода осуществляется по трубе 9, оборудованной задвижкой 10.

Вакуумметр 14 служит для измерения разрежения во всасывающем трубопроводе. Давление в нагнетательном трубопроводе измеряют манометром 11. Краны 12 служат для выпуска воздуха из насоса при его заливке.

На участковом водоотливе при потоке воды от 35 до 55 м³/ч рекомендуется применять (для неагрессивных вод) насосы К-60 и ЦНМ-1-60-100.

По сравнению с многоступенчатыми секционными насосами моноблочные насосы имеют ряд преимуществ: малые габариты и массу, возможность установки без фундаментов, относительно низкую стоимость, высокую степень ремонтпригодности и простое обслуживание, удобство транспортирования по горным выработкам.

К центробежным насосам специального назначения относятся насосы, способные транспортировать смеси твердых частиц с водой. К таким насосам относятся землесосы, углесосы, шламовые насосы.

Применяемые на шахтах для очистки водосборников, шламоотстойников шламовые центробежные насосы типа ШН, ВШН и 6Ш-8 способны перекачивать водоугольные смеси с соотношением твердого к жидкому до 1:1 при минимальной крупности кусков до 2 мм. Их подача достигает 200 м³/ч, а напор — 50 м.

Особенностью вихревого (лопастного) насоса является движение всасываемой воды от периферии к центру, тогда как в центробежных насосах вода движется от центра к периферии. В остальном принцип действия вихревых насосов аналогичен принципу действия центробежных. Подаваемая на лопатки порция жидкости под действием центробежной силы отбрасывается в канал, где скоростной напор преобразуется в статический. Затем эта же порция жидкости снова попадает на лопатки и цикл повторяется вновь. За полный оборот рабочего колеса одна и та же порция жидкости несколько раз отбрасывается в канал и каждый раз увеличивает запас энергии. В связи с этим напор лопастного насоса в 3—5 раз больше, чем у центробежного таких же размеров.

Осевые (или пропеллерные) насосы применяются при малых напорах и сравнительно больших подачах. Они иногда используются при заливке главного насоса водоотливной установки. Напор этих насосов редко превышает 15 м. Осевые насосы просты по устройству и малочувствитель-

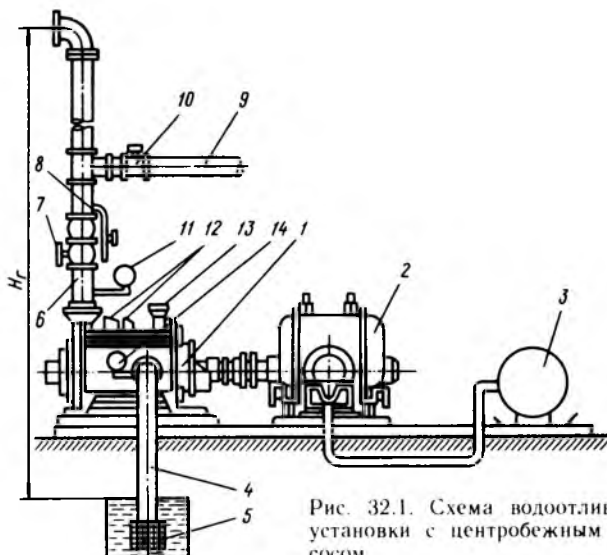


Рис. 32.1. Схема водоотливной установки с центробежным насосом

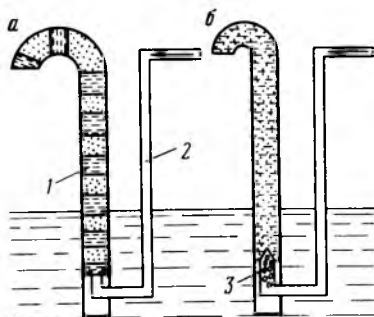


Рис. 32.2. Принцип работы эрлифта

ны к загрязнению. Подача осевых насосов, выпускаемых отечественной промышленностью, достигает $90 - 100 \text{ м}^3/\text{ч}$.

В насосах без специального приводного механизма перемещение одного текучего производится за счет непосредственного воздействия другого (воздух, пар, вода, газ). Принцип их действия рассмотрим на примере работы эрлифта (рис. 32.2). Водовоздушная смесь в трубе 1 легче воды, в которую эта труба погружена. При подаче в трубу 1 по трубе 2 определенного количества воздуха жидкость поднимается на необходимую высоту большими воздушными пузырями (см. рис. 32.2, а) или малыми порциями воздуха, проходящего через регулирующее устройство 3 (см. рис. 32.2, б).

Достоинства эрлифта — простота эксплуатации, отсутствие требований к чистоте откачиваемой жидкости. Недостаток эрлифта — невоз-

возможность полной откачки жидкости, поскольку всегда должен быть ее некоторый уровень или глубина погружения.

Струйные насосы основаны на засасывающем действии струи газа или жидкости, проходящей с большой скоростью через сопло специальной конструкции. Если струйный аппарат применяется для нагнетания, то он называется **инжектором**, если для отсасывания — **эжектором**, а для перемещения вообще — **элеватором**. В зависимости от вида вещества или материала, который используется для создания струи (воздух, пар, вода, газ), насосы бывают воздушоструйными, пароструйными, водоструйными, газоструйными.

32.3. Устройство насосных камер и водосборников

В главной насосной камере должно быть не менее трех насосов с двигателями. При нормальном притоке воды один насос находится в работе, второй в резерве, а третий может быть разобран для ремонта. При усиленном притоке воды некоторое время работают два насоса, а третий находится в резерве. Ремонт всех насосов должен быть произведен до начала усиленного притока воды. Подача насоса определяется делением суточного притока на 16 ч. Для резерва на остановки насосов оставляется 8 ч. Если усиленный приток настолько велик, что два насоса не успевают откачивать воду, то устанавливают четыре насоса и больше.

Главная водоотливная установка должна быть оборудована не менее чем двумя трубопроводами. При работе двух насосов каждый из них подает воду в отдельный трубопровод. Если необходима замена трубопровода из-за его изношенности, то это должно быть сделано до весеннего притока. При необходимости установки более трех насосов число напорных трубопроводов соответственно увеличивают. Трубопроводы должны быть смонтированы так, чтобы насосы могли откачивать воду в любой трубопровод. Все насосы в камере устанавливают в один ряд, что позволяет соорудить длинную, но более узкую камеру, которая более устойчива к воздействию горного давления.

Водосборники должны состоять не менее чем из двух самостоятельных выработок. Каждая выработка водосборника устраивается так, чтобы можно было в нее направить весь приток воды при чистке других выработок водосборника.

Главная водоотливная установка должна быть надежной в отношении предотвращения затопления шахты. Для этого вместимость водосборника главного водоотлива принимается из расчета 4-часового притока воды, а пол насосной камеры располагается на 0,5 м выше отметки рельсов в околоствольном дворе. Насосная камера должна соединяться со стволом наклонным ходком, а место соединения должно быть на высоте не менее 7 м от уровня пола насосной камеры. Поступление воды к насосам регулируют задвижками, пропускающими к насосам то количество воды, которое они способны откачать.

В ходке и насосной камере устанавливают герметически закрываемые двери. При угрозе затопления двери закрывают и включают насосы,

установленные ниже уровня воды. Для выхода из насосной камеры сооружается наклонный ходок в ствол, по которому прокладывают напорный трубопровод. При закрытой герметической двери в насосную камеру можно пройти через наклонный ходок. Если эта мера недостаточна и вода угрожает подняться выше уровня наклонного ходка и затопить насосную камеру, то закрывают задвижки, регулирующие поступление воды из водосборника к насосам, а последние останавливают. В наклонном ходке также рекомендуется устанавливать герметическую дверь, которую при угрозе затопления шахты закрывают. Эта мера позволяет в кратчайший срок пустить в работу главный водоотлив для откачки воды.

В связи с тем, что в водосборниках осаждается ил, их периодически необходимо чистить. По этой причине на новых и реконструируемых шахтах, а также при подготовке новых горизонтов внедряются прямые схемы водоотлива с непосредственной задачей неосветленной воды на поверхность с последующей ее очисткой.

На действующих гидрошахтах роль главной водоотливной установки может выполнять установка гидроподъема угля углесосами. В этом случае устраивают дополнительный (аварийный) пульпосборник, рассчитанный на прием 8-часового притока шахтной воды и объема разового стока со всех пульпопроводов шахты.

32.4. Шахтные водоотливные трубопроводы

Для сооружения шахтных водоотливных трубопроводов применяют стандартные стальные (реже чугунные при давлении до 1 МПа) трубы диаметром от 100 до 600 мм на давление от 1 до 10 МПа. Друг с другом трубы соединяются подвижными и неподвижными фланцами с резиновыми прокладками, а при больших напорах — с прокладками из меди или свинца. В исключительных случаях трубопровод может быть сварным.

Если шахтные воды обладают кислотностью свыше определенных пределов, то применяются трубы и запорная арматура из специальных кислотоупорных сталей или используются трубы, защищенные изнутри кислотоупорным материалом (свинец, цемент, эбонит).

Нижняя часть трубопровода (на уровне наклонного ходка в насосную камеру) размещается на опорное колено. При большой глубине ствола для осевой разгрузки става труб устанавливают промежуточные опоры через каждые 150—200 м. На каждом таком участке трубопровода в верхней его части устраивают компенсатор продольных перемещений труб вследствие температурного расширения металла. От бокового перемещения трубопровод удерживается специальными хомутами, располагаемыми через каждые 25—35 м.

Трубопроводная арматура включает приемный и обратный клапаны, задвижки, сальники, опорные и обычные колена труб, тройники, переходники с одного диаметра на другой, крестовины и другие средства, в том числе против гидравлических ударов.

Перед приемкой в эксплуатацию трубопровод главного водоотлива должен быть подвергнут испытаниям под давлением, в 1,25 раза превышающем рабочее:

Наибольшее негативное влияние на состояние трубопроводов главного водоотлива оказывает воздействие агрессивных шахтных вод. В связи с этим необходимы меры защиты трубопроводов от коррозии.

32.5. Требования по эксплуатации водоотливной установки и безопасности работ

Главная водоотливная установка шахты должна быть автоматизирована или оборудована аппаратурой дистанционного управления и контроля, обеспечивающей ее нормальную работу без постоянного присутствия обслуживающего персонала.

Работа шахтной водоотливной установки организуется по графику, утверждаемому главным механиком шахты. Исправные насосы должны работать посменно одинаковое число часов.

Каждую насосную установку следует осматривать в начале и конце смены, но не реже одного раза в сутки. После осмотра насос пускают в работу. Центробежные насосы пускают в работу при закрытой задвижке. После того как двигатель разовьет нормальную скорость, начинают открывать задвижку. При этом следят за показаниями амперметра, чтобы потребляемый ток не превышал номинального тока двигателя. При остановке насоса вначале следует закрыть задвижку, затем выключить двигатель. Все вращающиеся части двигателя и насоса должны быть закрыты кожухом. При давлении в трубопроводе более 5 МПа соединительные фланцы должны быть закрыты щитками для защиты от поразений струей воды при нарушении уплотнений.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое коэффициент водообильности?
2. Каково назначение главной и вспомогательной водоотливных установок?
3. Как классифицируются центробежные насосы?
4. В чем заключается назначение специальных центробежных насосов?
5. Каково назначение осевых насосов?
6. Какие требования предъявляются к устройству насосных камер?
7. Какие требования предъявляются к сооружению водосборника главного водоотлива?
8. Каковы требования по эксплуатации водоотливной установки?

33. ШАХТНЫЕ ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ

33.1. Назначение и классификация компрессорных установок

Шахтные компрессорные установки предназначены для производства сжатого воздуха с давлением более 300 кПа и доставки его к потребителям в забоях и других рабочих местах шахты.

Потребителями сжатого воздуха являются очистные и проходческие комбайны, породопогрузочные и закладочные машины, лебедки, гидро-

возы, воздуховозы, вентиляторы местного проветривания, отбойные молотки, пневмосверла, бурильные и буровые установки, другие машины и механизмы с пневмоприводом. Кроме того, сжатый воздух применяется на некоторых объектах шахтной поверхности.

Во многих очистных и подготовительных забоях угольных шахт, опасных по внезапным выбросам угля и газа, а также сверхкатегорных по метану, сжатый воздух является единственно допустимым видом энергии исходя из условий безопасности.

Компрессорная установка состоит из компрессора с приводом, вспомогательного оборудования, средств управления, контроля и защиты.

Несколько компрессорных установок, смонтированных в одном помещении (площадке, камере) и работающих на одну воздухопроводную сеть, называются компрессорной станцией.

По принципу действия компрессоры делятся на две группы: поршневые (включая ротационные) и турбокомпрессоры. К важнейшим параметрам компрессоров относятся создаваемые ими давление и подача. В отличие от вентиляторов и насосов производительность компрессоров измеряется не на выходе, а на входе по объему всасываемого воздуха, приведенному к нормальному атмосферному давлению.

33.2. Поршневые компрессоры

Поршневые компрессоры классифицируются по способу действия (простого и двойного действия), положению цилиндра (горизонтальные, вертикальные, наклонные и с V-образным расположением цилиндров), числу ступеней (одноступенчатые, двухступенчатые и многоступенчатые), способу охлаждения (с воздушным или водяным).

Поршневые компрессоры по числу оборотов приводного двигателя разделяются на тихоходные, средней быстроходности и быстроходные, создаваемому давлению — на низкого и высокого давления, наименованию сжимаемого вещества — на воздушные, кислородные, аммиачные, газовые и др.

Принцип работы поршневого компрессора заключается в следующем (рис. 33.1). Поршень 1 компрессора через шток 2 получает от двигателя через кривошипно-шатунную передачу возвратно-поступательное движение, производя через клапаны 3 и 4 всасывание и нагнетание. В компрессоре простого действия при движении поршня вправо происходит всасывание. При этом всасывающий клапан 4 открывается, а выпускной клапан 3 закрывается. При движении поршня влево клапан 4 закрывается, а клапан 3 открывается, и воздух вытесняется в воздухопроводную сеть.

В компрессоре двойного действия (рис. 33.2) при движении поршня вправо происходит всасывание воздуха в левую часть цилиндра через клапан 3 и вытеснение его из правой части через клапан 4. При движении поршня влево в правую часть цилиндра воздух всасывается, а из левой выталкивается.

На основе этих принципиальных схем компрессоры изготавливаются

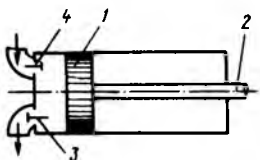


Рис. 33.1. Поршневой компрессор простого действия

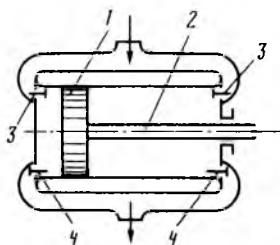


Рис. 33.2. Поршневой компрессор двойного действия:

1 — поршень; 2 — шток; 3 — клапаны всасывания;
4 — клапаны нагнетания

с различным конструктивным исполнением. Наибольшее распространение в горной промышленности получили двухступенчатые компрессоры для стационарной установки с подачей 10, 20, 30, 50 и 100 м³/мин и абсолютным давлением на нагнетание до 0,9 МПа.

33.3. Ротационные компрессоры

Ротационные компрессоры бывают двух разновидностей — пластинчатые и винтовые. Сложные по конструкции, трудоемкие в эксплуатации и ремонте пластинчатые компрессоры в горном деле практически не применяются.

В винтовом маслонаполненном компрессоре (рис. 33.3) в двух цилиндрических выточках 1 корпуса помещены ведущий 2 и ведомый 3 роторы, имеющие в своей средней части винтовую нарезку. С валом двигателя ведущий ротор связан непосредственно, а ведомый — через шестерни. Пространство в корпусе, образованное выточками, с одной стороны сообщается с камерой всасывания, а с другой (через окно нагнетания) — с камерой нагнетания. Вращаясь, роторы на стороне, где зубья винтов выходят из зацепления, засасывают воздух, а на другой стороне сжимают его и выталкивают в камеру нагнетания.

На шахтах применяют передвижные винтовые компрессоры 6ВКМ-25/8, 6ВКМ-13/8 и ЗИФ-ШВ-5, создающие давление до 0,8 МПа и обладающие подачей соответственно 25, 12,5 и 5 м³/мин.

Сжатый воздух в маслонаполненном компрессоре ЗИФ-ШВ-5 охлаждается при впрыскивании масла в рабочие полости винтов, а в компрессорах сухого сжатия типа ВКМ — с помощью промежуточного масляного холодильника.

Передвижные винтовые компрессоры применяются на газовых шахтах, не имеющих компрессорных станций, при проведении отдельных подготовительных (особенно восстающих) выработок, обработке отдельных

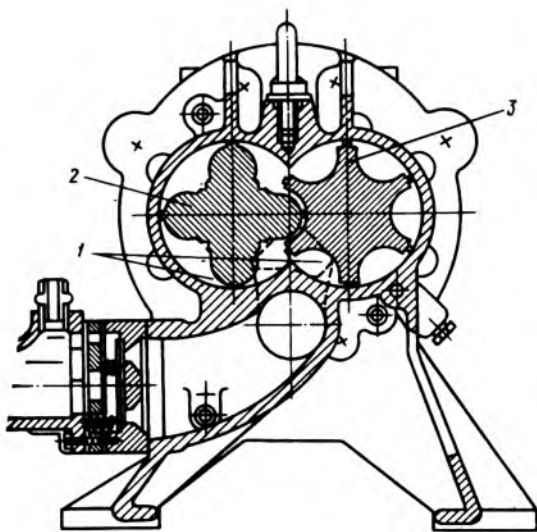


Рис. 33.3. Схема винтового маслонаполненного компрессора

лав и выполнении других работ, а также на шахтах, обеспеченных пневмоэнергией, в отдаленные забои которых прокладывают воздухопроводную магистраль экономически нецелесообразно.

33.4. Турбокомпрессоры

В турбокомпрессорах на общем валу ротора крепят несколько рабочих колес. Каждое рабочее колесо повышает давление на 30—95 кПа. Для получения необходимого давления на валу ротора располагают 2—16 рабочих колес. При переходе с одного колеса на другое воздух вследствие повышения давления сжимается. Поэтому рабочие камеры высокого давления имеют меньший объем.

Преимущества турбокомпрессоров по сравнению с поршневыми компрессорами: более высокая подача и большая скорость вращения ротора, что дает возможность разместить на одном валу электродвигатель и турбокомпрессор. Это избавляет от необходимости в установке передаточного механизма, повышает к. п. д. и уменьшает массу машины. Недостатки турбокомпрессоров: трудности с обеспечением высокого конечного давления, осевой сдвиг ротора из-за передачи воздуха с одного рабочего колеса на другое, неустойчивый режим функционирования при совместной работе нескольких машин на общую сеть.

Центробежные турбокомпрессоры К-500-61-1, К-250-61-2, ЦК-135/8 и ЦК-115/9 имеют подачу соответственно 500, 250, 135 и 115 м³/мин при абсолютном давлении на выходе 0,9 МПа (у компрессора ЦК-135/8

давление 0,78 МПа). Они широко применяются в горном деле для компресования центральных компрессорных станций.

Если подача компрессорной станции превышает 500 м³/мин, то на ней необходимо устанавливать также поршневые компрессоры. При этом подача поршневых компрессоров не должна быть больше 25% подачи станции. Назначение таких компрессоров — обеспечение шахты сжатым воздухом в ремонтные смены и общевыходные дни и введение в сжатый воздух масляных паров для уменьшения коррозии внутренних стенок воздухопроводов.

33.5. Компрессорные станции

Центральная компрессорная станция располагается на поверхности шахты в специальном отдельно стоящем здании. На станции устанавливается несколько компрессоров — рабочих и резервных. Число резервных компрессоров принимается в зависимости от числа работающих. При трех работающих компрессорах число резервных также равно трем. При нахождении в постоянной работе 4—6 компрессоров число резервных должно быть не менее 60% числа работающих.

Всасываемый компрессорами воздух должен очищаться от пыли с помощью матерчатых или металлических фильтров (иногда масляных).

Рабочее давление компрессоров должно соответствовать давлению применяемых машин потребителей. Использование регуляторов давления нежелательно.

В качестве двигателей для компрессоров применяют асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором мощностью до 100 кВт или синхронные электродвигатели большей мощности при напряжении 6 кВ.

Компрессоры на станциях охлаждают водой, в связи с чем рядом со зданием компрессорной станции сооружают установку для охлаждения воды — градирню. Нагретая до 35—40 °С вода разбрызгивается на высоте нескольких метров над бассейном и охлаждается при падении. На компрессорных станциях с большой подачей устраивают вентиляторные секционные градирни, обеспечивающие глубокое охлаждение воды. В некоторых случаях вместо градирен воду охлаждают в брызгательных бассейнах, над поверхностью которых вода распыляется с помощью форсунок. В многоступенчатых компрессорах после каждой ступени имеется промежуточный холодильник. Температура воды, поступающей в рубашку компрессора и в холодильник, не должна превышать 15—17 °С.

Сжатый воздух от компрессоров поступает в воздухохранилище, располагаемое рядом со зданием компрессорной станции. Воздухохранилище служит для выравнивания импульсов сжатого воздуха, поступающего от поршневых компрессоров и для некоторого его аккумуляирования. Кроме того, по пути следования (движения) в воздухохранилище и в самом

воздухосборнике происходит очищение воздуха от влаги и масла. Воздухосборники необходимо чистить не реже одного раза в 6 мес. От воздухосборника сжатый воздух направляется в магистральный воздухопровод.

33.6. Воздухопроводная сеть. Контрольная и измерительная аппаратура. Правила эксплуатации и безопасности работ

Шахтный воздухопровод устраивается из соответствующих стальных труб, фасонных частей, арматуры. Диаметр труб определяется расчетом и колеблется от 80 до 500 мм. При расчете диаметра труб исходят из того, что потери давления от компрессорной станции до самого удаленного участка воздухопроводной сети не превышают 0,2 МПа, а утечки в трубопроводах не должны быть более 20% поступающего в них сжатого воздуха.

Трубы друг с другом соединяются муфтами (при диаметре до 50 мм) и фланцами с прокладками из клингерита, асбеста и теплостойкой резины, а также с помощью фланцево-замкового шарового, быстроразъемного и обычного самоуплотняющегося соединений. В качестве запорной арматуры применяются вентили (на трубах при диаметре до 50 мм) и задвижки.

Для подачи сжатого воздуха к перемещающимся потребителям (отбойные молотки, бурильные машины и погрузочные машины) используются гибкие шланги.

На поверхности от воздухосборника к стволу трубопровод прокладывают в траншее глубиной 1—1,5 м во избежание замерзания в зимнее время, т. к. сжатый воздух содержит пары воды. В горизонтальных выработках трубы крепят к бокам выработок с уклоном 0,03—0,055 в сторону движения воздуха. Это необходимо для облегчения стока воды и масла, сконденсировавшихся в трубопроводе. Горизонтальные выработки проводят с уклоном в сторону ствола, уклон же труб имеет противоположное направление. В местах сближения труб с почвой выработки устанавливают водомаслосборник, в который стекают вода и масло. После водомаслосборника трубы вновь поднимают над почвой выработки и затем укладывают с уклоном до следующего водомаслосборника.

В очистном забое вдоль него укладывают переносной трубопровод, состоящий из металлических или резиновых труб. Сжатый воздух от забойного трубопровода подводят к отбойным молоткам по гибким шлангам диаметром 16 мм. Для подвода сжатого воздуха к бурильным машинам применяют гибкие шланги 25 и 38 мм. Для питания мощных потребителей (погрузочные машины) используют гибкие шланги диаметром 50 мм.

Для контроля за давлением сжатого воздуха в компрессорной установке, воздухосборнике, ответственных местах трубопровода устанавливают манометры. Для учета расхода сжатого воздуха на компрессорных станциях с подачей 100 м³/мин и более ставят самопишущие воздухомеры.

На главном воздухосборнике для контроля за температурой воздуха устанавливают термометры. Температура сжатого воздуха не должна превышать 140 °С. Это обусловлено тем, что обычное компрессорное

масло рассчитано на температуру 220—230 °С. При температуре более 140 °С возможен взрыв паров масла в воздухохранильнике. Температура воды, поступающей в компрессор, не должна превышать 15—17 °С, а выходящей из компрессора — 35—40 °С.

Для бесперебойной и экономичной работы пневматической установки необходимо исправное состояние компрессоров, сети сжатого воздуха и его потребителей, которое обеспечивается своевременным проведением планово-предупредительного ремонта. Перед пуском компрессора его необходимо внимательно осмотреть и пускать в работу только при полной исправности. Если при пуске компрессора слышны толчки и удары, то его надо остановить и вызвать дежурного слесаря. Во время работы машинист обязан следить за смазкой компрессора. При прекращении подачи охлаждающей жидкости компрессор должен быть остановлен. В течение смены необходимо не менее 1—2 раз выпускать воду и масло из водосборника.

Смазывать компрессор можно только маслом установленного сорта. Применение масел других сортов приводит к образованию вредных газов, загрязняющих атмосферу. Газы, образующиеся из-за применения масла несоответствующего сорта, получили название «компрессорные газы».

Компрессорное хозяйство находится в ведении главного энергетика шахты. В компрессорной станции должен находиться журнал для регистрации работы компрессоров, инструкция по обслуживанию, схема станции и воздухопровода с указанием на них арматуры, приборов, длин и диаметров трубопроводов и другие данные. Должен быть налажен систематический учет расхода смазочного масла на каждые 100 м³ всасываемого воздуха.

Вопросы для самоконтроля

1. Каковы основные потребители сжатого воздуха на шахтах?
2. Какие бывают компрессоры по принципу действия? В чем их достоинства и недостатки?
3. Каков состав оборудования компрессорной станции?
4. Какие требования предъявляются к трубопроводной сети?

34. ШАХТНЫЕ ПОДЪЕМНЫЕ УСТАНОВКИ.

ШАХТНЫЕ ПОДЪЕМНЫЕ МАШИНЫ И СОСУДЫ

34.1. Основные сведения о подъемных установках

Шахтные подъемные установки служат для подъема на дневную поверхность полезного ископаемого и пустой породы, спуска-подъема людей, оборудования и материалов.

Подъемные установки по назначению разделяются на главные, вспомогательные и специальные, принципу действия — на циклического и не-

прерывного действия, названию горной выработки, в которой размещен подъем,— на вертикальные и наклонные.

Подъемная установка, служащая для подъема на поверхность добытого угля, называется главной.

Вспомогательной называется подъемная установка на вспомогательном стволе, по которому производится спуск-подъем людей, оборудования и материалов.

К специальным подъемным установкам относятся установки на фланговых вентиляционных стволах, используемых как запасные выходы на случай аварии, а также передвижные подъемные установки для проведения аварийно-спасательных работ.

В подъемных установках циклического действия в качестве тягового органа используется канат. К ним следует отнести и одноканатные установки со шкивом трения (бесконечная откатка).

К подъемным установкам непрерывного действия относятся конвейеры, углесосы, элеваторы.

Канатные подъемные установки подразделяются также по типу органов навивки канатов (с постоянным радиусом навивки, с переменным радиусом навивки). Установки первого типа основаны на применении цилиндрических барабанов и шкивов трения, для установок второго типа, используемых в системах уравнивания подъема, используют конические, цилиндроконические и бицилиндроконические барабаны.

В зависимости от типа подъемных сосудов подъемные установки разделяются на бадьевые, клетевые, скиповые и комбинированные.

По степени уравнишенности подъемной системы установки бывают неуровнешенными (системы с цилиндрическими барабанами без подвесного каната) и уравнишенными (статически или динамически) с использованием конических барабанов и подвесных канатов различной массы. Уравнивание подъема требуется для глубоких (свыше 800 м) шахт и в некоторых случаях для шахт глубиной свыше 300 м.

Органом навивки называют ту часть подъемной машины (барабаны, шкивы трения, бобины), при помощи которой канат вместе с подъемными сосудами приводится в движение. На барабан канат навивается, а на шкиве трения удерживается силой трения.

К основным частям подъемной установки относятся подъемная машина, привод с редуктором, подъемные сосуды, канаты, копер со шкивами.

34.2. Подъемные сосуды

Простейшим подъемным сосудом является бадья, которая в усовершенствованном виде применяется при проходке стволов. В настоящее время для подъема полезного ископаемого и породы применяются скипы и клетки. Основными подъемными сосудами в действующей шахте для выдачи горной массы на поверхность являются скипы. Для спуска-подъема людей, оборудования и материалов, а также на аварийных и инспекторских подъемах применяются клетки.

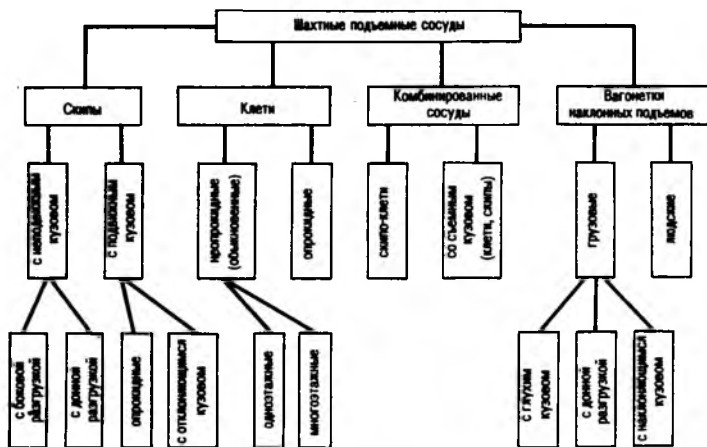


Рис. 34.1. Классификация шахтных подъемных сосудов

Классификация шахтных подъемных сосудов по конструктивным признакам приведена на рис. 34.1.

Различают угольные и породные скипы. Конструктивно они идентичны и отличаются друг от друга в основном только соотношением основных размеров. Вместимость скипов преимущественно составляет 7–15 м³ при одноканатных подъемных машинах и 9,5–15 м³ при многоканатных. Иногда угольные скипы одноканатного подъема имеют вместимость 20 м³, а многоканатного — до 35 м³. Скорость подъема и спуска скипов находится в пределах 4–13,5 м/с. Наибольшее распространение получили скипы с неподвижным кузовом (рис. 34.2).

По конструктивному исполнению различают неопрокидные и опрокидные клетки, а по технологии изготовления клетки разделяются на клепаные и сварные.

Клетки могут быть одно- и многоэтажными. По транспортному назначению они разделяются на людские и грузолюдские. Подавляющее большинство клеток отечественного производства — неопрокидные, для одноканатного подъема, ими оборудуются главные и вспомогательные стволы шахт.

Скиповой подъем имеет ряд преимуществ перед клетевым подъемом: большая пропускная способность, меньшая трудоемкость обслуживания, меньший объем выработок околоствольного двора и сооружений на поверхности. К недостаткам скипового подъема можно отнести необходимость иметь клетевой подъем для спуска-подъема людей, оборудования, материалов и т. п. Кроме того, при загрузке и разгрузке скипов образуется много пыли. По этой причине не разрешается устанавливать скип на свежей струе воздуха. Скиповым подъемом оборудуются стволы с исходящей струей воздуха или стволы, по которым не пропускают вентиляционную струю (нейтральные в вентиляционном отношении).

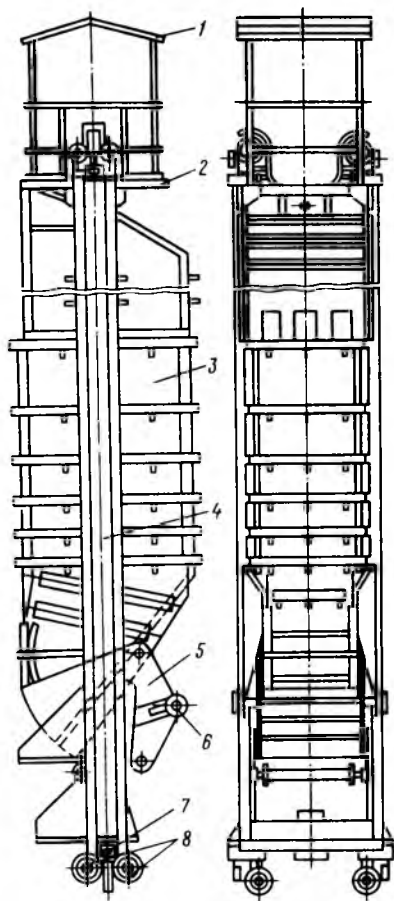


Рис. 34.2. Скип с неподвижным кузовом:

1 — зонт; 2 — смотровая площадка; 3 — кузов; 4 — рама; 5 — секторный затвор; 6 — разгрузочные ролики; 7 — предохранительный башмак; 8 — рабочие роликовые направляющие

При опрокидных клетях вагонетка, не выкатываясь из клетки на поверхности, разгружается.

Разгрузка скипов и опрокидных клеток на поверхности производится в приемный бункер ствола.

По сравнению с неопрокидными клетями опрокидные клетки отличаются в 1,5—2 раза большей массой подъемного сосуда, усложненной и более дорогой конструкцией и меньшим сроком службы.

34.3. Типы канатных подъемных установок. Подъемные машины

Схема канатной подъемной установки приведена на рис. 34.3. Подъемную машину 1 устанавливают в специальном здании. Над стволом сооружают копер 4 со шкивом 3. На барабан машины навивают подъемные канаты 4, к концам которых прикрепляют подъемные сосуды 5.

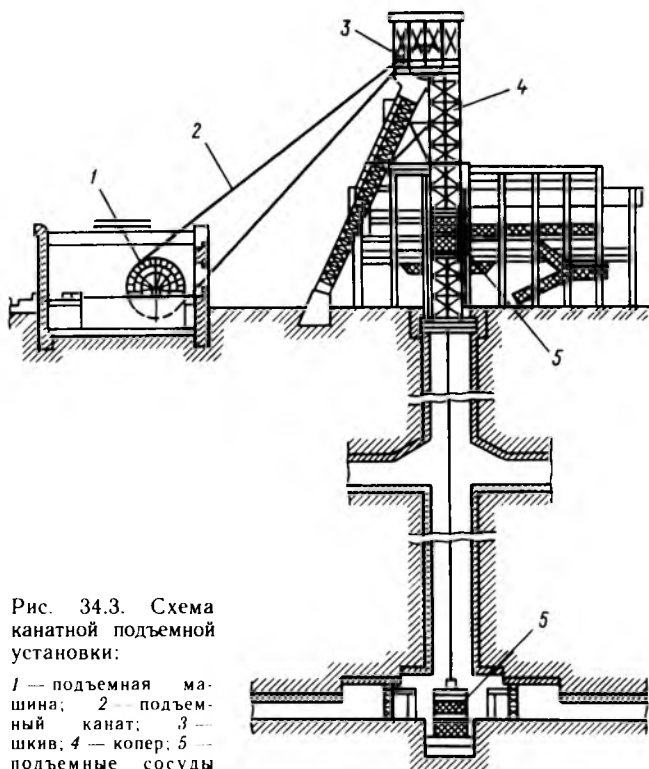


Рис. 34.3. Схема канатной подъемной установки:

1 — подъемная машина; 2 — подъемный канат; 3 — шкив; 4 — копер; 5 — подъемные сосуды

Скип для загрузки опускают ниже загрузочного бункера в околоствольном дворе. Подъемная установка имеет два каната. При вращении барабана подъемной машины один канат навивается на барабан, а другой сходит с барабана. При этом один сосуд поднимается, а другой опускается.

Подъемные установки, у которых имеются только подъемные канаты, называются неуравновешенными. В начале подъема машина должна преодолеть вес подъемного сосуда с грузом и вес каната. Неуравновешенность подъемной установки вынуждает применять мощные двигатели.

В уравновешенных подъемах под подъемными сосудами подвешивают уравновешивающий канат, называемый также хвостовым. По сравнению с подъемными канатами уравновешивающие канаты имеют такую же или большую массу. При одинаковой массе уравновешивающего и подъемного канатов машина в начале подъема должна преодолеть вес поднимаемого груза, силы инерции и силы трения. Вес каната и мертвый вес одинаковы — уравновешены. Чтобы уменьшить момент вращения, образующийся при подъеме груза, применяют машины с кони-

ческими и бицилиндрическими барабанами. У таких машин в начале подъема канат навивается на часть барабана с меньшим диаметром, а по мере подъема — на часть барабана с большим диаметром.

Подъемные установки со шкивом трения бывают с одним шкивом трения и с несколькими. В последнем случае подъемная установка имеет несколько подъемных канатов и называется многоканатной. При многоканатных подъемных установках уменьшается число перегибов каната, а канат освобождается от вредного влияния атмосферных агентов в той части, которая проходит между машиной и копром.

При работе с нескольких горизонтов может оказаться целесообразным применение подъемной установки с одним подъемным сосудом. Для уравнивания подъема на втором канате подвешивают противовес. Такая установка позволяет без перестановки барабанов устанавливать подъемный сосуд на любом горизонте.

Подъемные машины, как правило, имеют электрический привод. Подъемные машины мощностью до 1000 кВт оборудуются асинхронными двигателями с фазным ротором; при мощности более 1000 кВт используются тихоходные электродвигатели постоянного тока по системе Г-Д (генератор-двигатель). Передача движения от двигателя к подъемной машине осуществляется механическим или гидравлическим редуктором.

В барабанной подъемной машине орган навивки бывает с одним или двумя барабанами. При двух барабанах один из них скреплен наглухо с валом при помощи шпонки, а второй соединен специальным механизмом, позволяющим переставлять барабан. Перестановка необходима при работе с нескольких горизонтов и для укорачивания каната после его навески и вытяжки.

Барабанные подъемные машины делятся на малые и средние (диаметр барабанов от 1,2 до 3,5 м включительно) и крупные (диаметр барабана 4—6 м). Крупные подъемные машины снабжаются как цилиндрическими (одно- и двухбарабанные), так и бицилиндрическими барабанами.

Подъемные машины с одноканатным шкивом трения в настоящее время не изготавливаются.

Многоканатные подъемные машины выпускаются двух серий — МК и ЦШ с диаметром шкивов от 2,1 до 5 м и числом подъемных канатов от двух до восьми. Непременной составной частью этих машин является отклоняющий подъемные канаты шкив, с помощью которого увеличивается угол обхвата ведущего шкива канатами.

34.4. Подъемные канаты

Подъемные канаты изготавливаются из высокосортной стальной проволоки с пределом прочности на разрыв 1,2—2,1 кН/мм². Диаметр проволок от 1,2 до 3,6 мм. Проволоки применяют светлые, без покрытия и оцинкованные. Существует несколько способов свивки канатов из проволок. Различают канаты одинарной, двойной и тройной свивки. Канаты одинарной свивки изготавливаются без сердечника. Вокруг одной про-

волоки спирально навивают несколько рядов проволок. В канатах двойной свивки сначала готовят отдельные пряди (так же как в канатах простой свивки). Пряди свивают в канат вокруг пенькового сердечника. Канаты двойной свивки более гибкие, чем одинарной. В канатах тройной свивки пряди свивают в стренги (пряди двойной свивки), а стренги свивают вокруг сердечника в канат.

Конструкции канатов отличаются характером свивки, формами поперечного сечения пряди и каната, формой поперечного сечения проволок, материалом сердечника и другими признаками.

По форме поперечного сечения прядей различают кругопрядные и фасонные (треугольнопрядные, овальнопрядные и т. п.) пряди, а по форме поперечного сечения канатов — круглые и плоские канаты. Плоские канаты применяются в подъемных установках в качестве уравнивающих.

Канаты различаются также по конструкции и направлению свивки в прядях, стренгах и канате, по способности к раскручиванию и по сечению проволок наружного слоя каната.

Наиболее приемлемыми для вертикального одноканатного подъема являются круглопрядные канаты из оцинкованной проволоки. Существует унифицированный ряд канатов для подъемных установок.

34.5. Расположение подъемных машин относительно ствола. Производительность подъемной установки

Выбор места установки подъемной машины определяется проектом строительства или реконструкции шахты. На реконструируемых шахтах место для установки новой подъемной машины выбирают с учетом расположения существующих зданий. На вновь строящихся шахтах место установки подъемных машин выбирают в соответствии со схемой транспортирования на поверхности и видом подъемных сосудов. При определении места установки машины необходимо, чтобы фундаменты машинного зала и укосины копра не соприкасались, так как вибрация укосины может разрушить здание машинного зала и фундамент подъемной машины.

Подъемная машина должна располагаться на таком расстоянии от ствола, чтобы угол наклона каната был не менее 30° . При меньших углах наклона канат может задевать за раму подъемной машины. Желательно, чтобы расстояние между осью барабана и отвесом каната не превышало 40—50 м. Если это расстояние превышает 60 м, необходимо устанавливать поддерживающие шкивы для уменьшения провеса и колебаний каната.

Расстояние от подъемной машины до ствола влияет на угол отклонения каната при навивке его на барабан. Угол между крайним положением каната и вертикальной плоскостью, перпендикулярной к оси барабана машины, называется углом девиации.

При проектировании шахты данными для определения производительности подъемных установок служат годовая производственная мощность

шахты $A_{\text{год}}$, глубина стволов H , число рабочих дней в году N , число часов работы подъемной установки в сутки $t_{\text{раб}}$. При вскрытии шахтного поля с несколькими горизонтами расчет осуществляется для последнего горизонта, с которого будет производиться подъем данной подъемной установкой. Число рабочих дней в году для проектируемой шахты принимается равным 300. Число часов работы подъемной установки при трехсменной работе равно 19,5—21 ч и при двухсменной — 13,5—14 ч.

Для учета неравномерности поступления груза к стволу вводят коэффициент неравномерности подъема c , который для скипового подъема равен 1,15, для клетового — 1,25. При данных значениях величин необходимая производительность подъема ($t/\text{ч}$)

$$Q_{\text{ч}} = c A_{\text{год}} / N t_{\text{раб}},$$

а число подъемов в час

$$n_{\text{ч}} = Q_{\text{ч}} / Q',$$

где Q' — масса полезного груза, поднимаемого за один раз, т.

На действующих шахтах производительность подъема определяется на основе хронометражных данных. Клетевой подъем должен быть в состоянии произвести спуск-подъем смены рабочих не более чем за 40 мин.

34.6. Основные положения по эксплуатации подъемной установки и безопасности работ

Подъемные установки являются очень важным звеном технологической схемы шахты и весьма требовательными по фактору обеспечения безопасности эксплуатации объектами.

От четкой, высокопроизводительной и безопасной работы подъема зависит стабильная работа всей шахты. Поэтому для каждой действующей подъемной установки должен быть составлен проект по увеличению ее производительности. К основным направлениям повышения производительности подъемной установки относятся:

- увеличение массы поднимаемого полезного груза в пределах допустимых нагрузок на копер и технической характеристики подъемной машины;

- работа на предельно допустимых скоростях движения подъемных сосудов;

- автоматизация управления скиповым и дистанционное управление клетевым подъемами;

- организация одновременной загрузки и разгрузки этажей многоэтажных клетей при одновременном уменьшении продолжительности этих операций, а также сокращение времени на посадку и выход людей из клетки;

- механизация и автоматизация обмена вагонеток в клетях на каждом горизонте и на нулевой площадке;

оставление породы в шахте;

повышение пропускной способности технологических звеньев шахты, непосредственно связанных с работой подъема (подземный транспорт, погрузка, обогатительная фабрика и т. п.), путем создания на границах этих звеньев с подъемом демпферов-аккумуляторов.

Периодически указанный проект должен пересматриваться с целью дальнейшего улучшения технико-экономических показателей работы подъемных установок.

Основными условиями безопасной работы подземных установок являются:

ежесменный осмотр машинистом, рукоятчиком, стволовым и дежурным слесарем при сдаче и приемке смены;

ежесуточный осмотр в течение не менее 2,5 ч бригадой под руководством механика подъема;

текущий ремонт по результатам ежедневных осмотров с выделением для этого дополнительно 2 ч в неделю и 3 ч в месяц к времени ежедневных осмотров;

строгое соблюдение порядка и сроков проведения всех перечисленных осмотров и ремонтов в соответствии с графиком, составляемым главным механиком и утверждаемым главным инженером шахты;

строгое соблюдение режима работы подъемной установки, установленного главным механиком шахты и утвержденного главным инженером шахты и главным механиком производственного объединения;

регулярный осмотр копров, крепи стволов главным инженером шахты с маркшейдерской проверкой положения шкивов, вертикальности стенок ствола, проводников и других элементов армировки;

наличие на каждой подъемной установке в качестве неснижаемого резерва испытанного и годного для навески каната (комплекта канатов для многоканатных машин), подъемного сосуда с прицепным устройством, электродвигателя, компрессора с электродвигателем для тормозной системы подъемной машины (если нет подвода сжатого воздуха от центральной компрессорной станции), комплекта тормозных колодок и футеровки (для подъемных машин со шкивом трения) и других запасных частей, определяемых заводом-изготовителем;

недопущение обмерзания стволов в зимнее время;

своевременная очистка зумпфов стволов и откачка воды из них;

соблюдение установленных ПБ сроков проверки, испытаний и своевременной замены подъемных сосудов, прицепных устройств к ним, канатов, проводников, парашютов, тормозных устройств рабочего и предохранительного торможения и других требований ПБ, ПТЭ и заводских инструкций по подъемным установкам;

систематический инструктаж обслуживающего персонала по технике безопасности на рабочих местах;

установление и строгое соблюдение плановых текущих ремонтов подъемных установок, совмещенных с производством ревизий, наладок и регулировок составных частей и сборочных единиц — квартальных, полугодовых, годовых и двухгодовых;

производство капитальных ремонтов подъемной установки в соответствии со сроками и объемами работ, установленными действующей нормативно-технической документацией.

Вопросы для самоконтроля

1. Какова классификация подъемных установок по назначению и принципу действия?
2. Какие бывают типы подъемных сосудов?
3. Из каких основных узлов состоит подъемная установка?
4. В чем отличие уравновешенных подъемных установок от неуравновешенных?
5. Какие требования предъявляются к размещению подъемной машины относительно ствола?
6. Какие факторы оказывают влияние на выбор типа подъемной установки?

Часть X

ОБОГАЩЕНИЕ УГЛЕЙ

35. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ОБОГАЩЕНИИ УГЛЕЙ

35.1. Состав и качество углей

Ископаемые угли всегда содержат некоторое количество минеральных примесей и воду. К минеральным примесям относят песчаники, состоящие из кремнезема, глины, пирит, сульфаты, карбонаты (кальцит, магнезит, сидерит), а также соединения, содержащие калий, натрий, фосфор и редкие элементы (ванадий, германий и др.). О содержании в углях минеральных примесей обычно судят по остатку, получаемому путем прокаливания аналитической пробы угля при температуре 800—850 °С и называемому з о л о й.

Содержание влаги в углях зависит от степени углефикации, условий залегания пласта и пористости. Влага, находящаяся на поверхности угля, называется в н е ш н е й. Она удаляется при высушивании угля до воздушно-сухого состояния, однако и при этом в порах угля содержится влага, удерживаемая силами адсорбции. Эта влага называется г и г р о - с к о п и ч е с к о й. Ее удаление возможно при нагревании угля до температуры 105 °С. Общее количество внешней и гигроскопической влаги называют в л а г о й р а б о ч е г о т о п л и в а.

Степень углефикации в значительной степени определяет плотность органической массы угля, которая изменяется от 1,1 до 1,6 т/м³. Плотность минеральных примесей колеблется от 1,8 (глина) до 5,2 (пирит) т/м³. Помимо плотности наиболее важными физическими свойствами углей являются механическая прочность, термическая стойкость,

влагоустойчивость, спекаемость и коксуемость. Два последних наиболее важны для определения пригодности углей в качестве сырья для доменного производства в металлургии.

Спекаемостью называют свойство вещества некоторых каменных углей размягчаться при нагревании без доступа воздуха, переходить в пластическое состояние в интервале температур 350—470 °С и образовывать спекшийся твердый остаток при дальнейшем повышении температуры.

Коксуемостью называется свойство углей образовывать металлургический и прочие виды кокса в условиях промышленного коксования.

Большое влияние на спекаемость и коксуемость углей оказывает их петрографический состав, наличие минеральных примесей, скорость нагревания углей, степень их измельчения и уплотнения. При этом надо иметь в виду отрицательное влияние минеральных примесей на качество получаемого кокса.

Классификация углей, принятая в СССР, имеет следующие классификационные показатели: для бурых углей — содержание рабочей влаги W^p ; для каменных — выход летучих веществ V^r , спекаемость y и характер нелетучего остатка; для антрацитов — выход летучих веществ $V_{об}^r$.

Бурые угли временно разделены на три группы: Б1 — $W^p > 40\%$, Б2 — $W^p = 30 - 40\%$, Б3 — $W^p < 30\%$; каменные угли — на десять марок

Т а б л и ц а 35.1

Марка	Условное обозначение	Спекаемость	Выход летучих веществ	Нелетучий остаток
Длиннопламенный	Д	Низкая	Наиболее высокий	Порошкообразный, слипшийся, слабоспекшийся
Газовый	Г	Средняя или пониженная	Высокий	—
Газовый жирный	ГЖ	То же	Высокий или средний	—
Жирный	Ж	Высокая	То же	—
Коксовый жирный	КЖ	Повышенная	Средний или пониженный	—
Коксовый	К	Средняя	То же	—
Коксовый второй	К ₂	Пониженная	»	Спекшийся без порошка
Отощенный спекающийся	ОС	Низкая	Пониженный	
Слабоспекающийся	СС	То же	Высокий или средний	Порошкообразный, слипшийся, слабоспекшийся
Тощий	Т	Отсутствует	Низкий	Порошкообразный, слабоспекшийся
Антрацит	А	Отсутствует	Наиболее низкий	—

(см. табл. 35.1); антрациты — на ПА (полуантрацит) с $V_{\text{ог}} = 220—330 \text{ см}^3/\text{г}$ и А (антрацит) с $V_{\text{ог}} 220 \text{ см}^3/\text{г}$.

Кроме классификации углей по маркам существует классификация углей некоторых марок (Д, Г, ГЖ, ОС, СС, Т, А) по размерам кусков.

35.2. Опробование углей и горючих сланцев

Состав и показатели качества угля и горючих сланцев устанавливаются путем выполнения ряда операций по отбору, разделке и исследованию проб, совокупность которых называется **опробованием**. Различают пластовые, эксплуатационные, товарные и контрольные пробы.

Пластовые пробы служат для определения характеристики угольного пласта в точке отбора, в целом для всего пласта (промышленная проба) и для характеристики составляющих угольный пласт угольных пачек и прослоев породы (дифференциальная проба).

Перед отбором пластовой пробы забой выравнивают и зачищают почву. Набор проб производится либо ручным способом, либо с применением механических средств. Отобранные пробы разделяют и направляют в лабораторию для анализа. В пластовых пробах определяют содержание влаги W^p , зольность A^c , содержание серы $S_{\text{ог}}$, выход летучих веществ V^c , толщину пластического слоя y (если остаток спекшийся) и теплоту сгорания $Q_{\text{ог}}^c$, а также истинную плотность.

Эксплуатационные пробы служат для определения характеристики гранулометрического состава угля, выдаваемого на поверхность из горных выработок при нормальных условиях работы шахты.

Товарные пробы характеризуют качество угля (сланца), отгружаемого угольным предприятием своим потребителям. Отбор товарной пробы производится от угля, находящегося в движении на конвейерах, в местах перепада угольного потока, или от угля, погруженного в железнодорожные вагоны и другие транспортные средства. Отдельную товарную пробу при опробовании угля (сланца) отбирают от каждой одновременно отгружаемой потребителю партии.

Разделка пробы заключается в подготовке ее для лабораторных испытаний. Для этого пробу измельчают и сокращают в объеме. Пластовые, товарные пробы разделяют механизированным способом немедленно после их отбора в проборазделочных помещениях.

Разделяемую пробу измельчают до крупности не менее 3 мм, измельченный материал сокращают и от остатка отбирают необходимое количество лабораторных проб массой не менее 0,5 кг каждая, которые немедленно упаковывают в герметически закрываемые банки. В углехимических лабораториях из лабораторных проб готовят аналитические пробы. Для этого лабораторную пробу измельчают до крупности не более 0,2 мм, измельченный материал сокращают в механических деталях до 100—125 г.

35.3. Гранулометрический состав углей

Под гранулометрическим составом углей понимают количественное соотношение частиц (зерен) по крупности в сыпучей массе угля. Гранулометрический состав углей определяется в зависимости от крупности материала ситовым и седиментационным анализами.

Ситовым анализом называется метод рассева угля на стандартных ситах и решетках на продукты различной крупности. Ситовый анализ производят для определения выхода классов в пробе угля (сланца) и характеристики их качества.

Пробы отбирают от отдельных шахтопластов. Рассев проб производят механизированным способом на классы 150; 100—150; 50—100; 25—50; 13—25; 6—13; 3—6; 1—3; 0,5—1 и 0,5 мм. Сито 0,5×0,5 мм применяют при испытании углей для коксования. В классах угля крупностью более 25 мм иногда производят оценку содержания составляющих компонентов (уголь, порода, колчедан, сростки). Полученные классы угля взвешивают с точностью до 0,1%. Результаты ситового анализа показывают выход отдельных классов в процентах, а также суммарный выход классов крупности в процентах и выход любого промежуточного класса.

Седиментационным анализом называется метод определения в дисперсных системах относительного содержания частиц различной крупности по скорости их оседания (седиментации). При исследовании углей наибольшее распространение получил метод *отмучивания* (седиментация и декантация), заключающийся в отборе небольших порций отстаившейся жидкости через определенные промежутки времени и измерении размера частиц с помощью микроскопа.

В настоящее время добываемый уголь в его природном виде не удовлетворяет требованиям потребителя в отношении качества. В природе сравнительно немного пластов угля, не требующих обогащения. Уголь соответствующего качества и в достаточном количестве может быть получен только при условии его обогащения. Одним из основных требований к современной технологии обогащения является ее малоотходность или даже безотходность, т. е. использование отходов обогащения в качестве вторичного сырья других отраслей промышленности.

35.4. Сведения об основных технологических процессах и методах обогащения угля

Обогащением угля называют совокупность процессов механической обработки с целью удаления минеральных примесей, попавших в уголь при добыче из вмещающих угольный пласт горных пород. Обогащение угля основано на различии физических свойств угля и содержащихся в нем примесей.

Продукты обогащения разделяются на концентрат, промпродукт, хвосты. При обогащении образуются побочные продукты, называемые отсевом и шламом. Побочные продукты в зависимости от зольности

присаживаются к концентрату или к промпродукту, а также используются как самостоятельные продукты.

Основными показателями обогащения являются: выход продукта γ ; зольность исходного угля α , концентрата β , промпродукта μ , хвостов θ ; содержание горючей массы в исходном угле $100 - \alpha$, концентрате $100 - \beta$, промпродукте $100 - \mu$, хвостах $100 - \theta$; извлечение горючей массы в концентрат или промпродукт ξ ; потери горючей массы в хвостах $100 - \xi$.

Технологические процессы на обогатительных фабриках подразделяются на подготовительные, основные и вспомогательные. К *подготовительным процессам* относятся дробление и классификация. *Д р о б л е н и е м* называется разделение кусков угля на отдельные части под действием внешних механических сил для получения продукта заданной крупности. Разделение неоднородной по размерам кусков угольной смеси на два (или более) относительно однородных по крупности кусков продукта называется *к л а с с и ф и к а ц и е й*.

Основными процессами называют собственно обогащение угля. Самым простым видом обогащения является ручная породовыборка. Большинство механических способов обогащения основано на различии плотности угля и примесей. Уголь имеет меньшую плотность, чем природные примеси. Отделение угля от примесей можно обеспечить путем использования тяжелых жидкостей, плотность которых больше плотности угля, но меньше плотности породных примесей. В таких жидкостях уголь всплывает, а породные примеси тонут. Аналогичный эффект достигается при действии на обогащаемый уголь попеременно восходящей и нисходящей струей воды или воздуха. Применяется способ отделения угля от породы в потоке воды, текущей по наклонной неподвижной или подвижной поверхности. Методы обогащения, основанные на разности плотности, относятся к *г р а в и т а ц и о н н ы м*.

Широко представлен в настоящее время метод обогащения мелкой смеси угля и пород (меньше 0,5—1 мм) на основе различия в смачиваемости частиц, называемой *ф л о т а ц и е й*.

К *вспомогательным процессам* при обогащении относятся обеспыливание (обесшламливание) и пылеулавливание, обезвоживание, смешивание.

36. ПРИЕМКА, ГРОХОЧЕНИЕ И ДРОБЛЕНИЕ УГЛЯ

36.1. Приемка и аккумуляция угля

Разгрузка исходного угля, поступающего на обогатительную фабрику в железнодорожных полувагонах, производится в основном роторными вагонопрокидывателями. Вместимость бункеров приемных устройств определяется с учетом обеспечения разгрузки, как правило, двух железнодорожных вагонов. Линейные размеры разгрузочных отверстий бункеров приемных устройств в одном измерении должны не менее чем в 3 раза превышать максимальную крупность поступающего угля.

Подача угля от приемных устройств на фабрику производится через аккумулярующие устройства, выбор типа которых (напольные склады или бункера) определяется технико-экономическими расчетами. Крупность угля, поступающего в аккумулярующие устройства, не должна превышать 300 мм. Перед подачей угля в аккумулярующее устройство осуществляет удаление из него посторонних предметов (металл, дерево и др.) механическим способом. Вместимость аккумулярующих бункеров на центральных обогатительных фабриках должна обеспечивать ее работу в течение 19 ч, на групповых — 15 ч, на индивидуальных — не менее чем в течение смены.

Для коксующихся углей в качестве аккумулярующих устройств используются «силосные башни» цилиндрической формы, для углей, не требующих усреднения, — емкости камерного типа без промежуточных перегородок.

Углеприемные устройства при железнодорожном транспорте располагаются на железнодорожных путях. Вагонопрокидыватели блокируются с приемными ямами для разгрузки.

36.2. Грохочение углей

Грохочением называют механическое разделение по крупности смеси частиц угля, осуществляемое на решетках и ситах. Продукты, полученные при грохочении, имеют определенные размеры и называются классами. Продукт, оставшийся на сите, называется надрешетным (или верхним), а прошедший через сито — подрешетным (или нижним).

Сортами угля называются его классы, являющиеся готовыми товарными продуктами. Отношение максимального размера частицы к ее минимальному размеру в каждом классе грохочения называется шкалой грохочения.

Отношение размеров отверстий смежных решет, сит называется модулем. В угольной промышленности для стандартных решет (сит) принят модуль, равный $\sqrt[3]{10} = 1,259$.

Грохочение является многоцелевым процессом. Отделение от исходного угля крупных кусков с целью выборки из них породы и других предметов называется предварительным грохочением, получение отдельных машинных классов угля, пригодных для раздельного их обогащения или других видов обработки, — подготовительным грохочением, получение сортового топлива из антрацитов и энергетических углей — окончательным грохочением, выделение мелочи из отдельных сортов — вспомогательным грохочением.

Для отделения воды и шлама от отдельных классов исходного угля и продуктов обогащения применяется обесшламливующее грохочение.

Обогащение углей с помощью грохочения осуществляется от крупных кусков к мелким. Наибольшие отверстия имеет верхнее решето, наименьшие — нижнее.

Рабочая (просеивающая) поверхность грохота выполняется тканой, шелевидной, решетчатой, в том числе с колосниковыми решетками. Для грохочения и обезвоживания продуктов обогащения применяются сита из проволоки или волокон с отверстиями размером от 80 до 0,44 мм. Шелевидные сита с щелью шириной от 0,25 до 11 мм используются для обезвоживания продуктов обогащения.

Отношение площади отверстий в свету к общей площади сита называется площадью живого сечения сита, которое может изменяться в диапазоне 55—85%. При грохочении каменных углей срок службы сит не превышает 1200—1500 ч, антрацитов — 500—600 ч.

В практике углеобогащения применяются резиновые сита с отверстиями размером 20, 25, 30 и 40 мм. Их отличительная особенность — устойчивость к абразивному износу, повышающая срок службы сит до 13 000—15 000 ч.

Решета изготавливаются путем штамповки или сверления отверстий диаметром 150 мм и менее в стальных листах. В отличие от сит живое сечение штампованных решет не превышает 40—50% общей площади. Срок службы решет достигает 4—5 мес. Для отделения от угля крупных кусков дерева и других предметов применяются колосниковые решетки, которые собирают из стержней, рельсов, фигурных брусьев различного профиля и прутьев.

Процесс грохочения в значительной степени зависит от следующих факторов: крупности материала, содержания в нем крупных зерен, влаги и глинистых примесей, формы отверстий сита, его живого сечения и угла наклона, направления и относительной скорости движения частиц, толщины слоя материала на сите.

Эффективность грохочения (%) определяется отношением массы подрешетного продукта, содержащегося в надрешетном, к массе подрешетного продукта в исходном угле:

$$E = 100^2 (\alpha - \beta) / \alpha (100 - \beta),$$

где α и β — содержание подрешетного продукта соответственно в исходном угле и надрешетном продукте, %.

Фактическая эффективность грохочения может достигать 90% при определенных условиях (влажность угля менее 5%, размер отверстий сит 13×13 мм). При увеличении влажности угля эффективность грохочения бывает и менее 50%.

Грохоты подразделяются в зависимости от наличия свободы перемещения их основных частей (рамы и рабочей поверхности) относительно друг друга. Существуют неподвижные (колосниковые, плюзовые, конические, дуговые), подвижные (качающиеся, полувибрационные, вибрационные) и комбинированные (цилиндрические, шнековые) грохоты.

Наиболее просты и надежны в работе колосниковые грохоты неподвижного типа (рис. 36.1). Однако они измельчают уголь и отличаются низкой эффективностью грохочения.

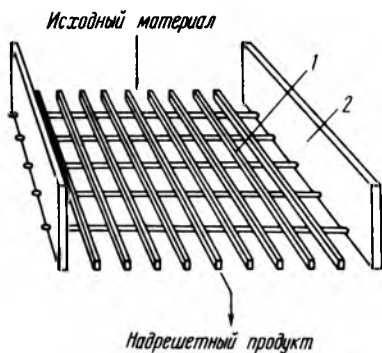


Рис. 36.1. Схема колосникового грохота неподвижного типа:

1 — рабочая поверхность; 2 — рама

Конические грохоты имеют более высокую удельную производительность и высокую эффективность классификации.

Цилиндрические барабанные грохоты отличаются высокой эффективностью грохочения.

Вибрационные грохоты типа ГИЛ (инерционный легкого типа), ГИТ (инерционный тяжелого типа), ГСЛ и ГИСЛ (инерционный самобалансный) широко применяются на обогащательных фабриках. Грохоты типа ГСЛ имеют наилучшие технологические показатели, проще в монтаже и обслуживании, могут применяться как для сухого, так и мокрого грохочения.

В зависимости от назначения для предварительного грохочения используют цилиндрические и инерционные грохоты, для окончательного и вспомогательного грохочения — инерционные.

Необходимо учитывать, что мокрое грохочение отличается повышенной точностью отсева угля по классам и более высокой удельной производительностью. В связи с этим на вновь проектируемых и реконструируемых углеобогащательных фабриках устанавливают подвижные и неподвижные грохоты для мокрого грохочения.

36.3. Дробление углей

Разрушение кусков (частиц) угля или породы внешними механическими силами называется *дроблением*. Способы разрушения зависят от вида приложения внешних сил и могут быть классифицированы как раздавливание, раскалывание, излом, срезание, истирание и разрушение.

В зависимости от цели различают подготовительное, окончательное и избирательное дробление. Подготовка к обогащению путем дробления крупных кусков угля или промежуточного продукта называется подготовительным дроблением. В результате окончательного дробления получают товарный продукт (сортовой уголь для энергетики и шихта для коксования).

Обогащение по прочности, основанное на различии в прочности отдель-

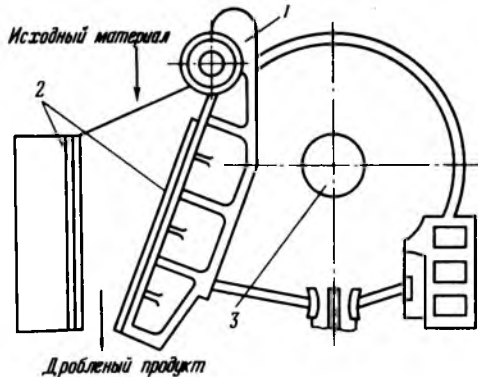


Рис. 36.2. Схема щековой дробилки:

1 — подвижная щека; 2 — дробящие плиты; 3 — вал с шатуном

ных компонентов дробимого исходного материала, называют и з б и р а - т е л ь н ы м о б о г а щ е н и е м.

Дробление материала до размера кусков 100—200 мм называется крупным, до размера кусков 25—80 мм — средним и до размера кусков 3—25 мм — мелким. Измельчение до размера 0,5 мм — грубое измельчение, до размера менее 0,5 мм — тонкое.

Для количественной оценки процесса дробления (измельчения) используют показатель, равный отношению максимального размера частиц исходного материала D (мм) к максимальному размеру частиц дробленого и измельченного продукта d (мм), называемый степен ь ю д р о б л е н и я:

$$i = D/d.$$

Степень дробления принимается равной 3—8 при крупном и среднем дроблении, от 10 до 30 при мелком, от 30 до 200 при грубом и тонком измельчении.

Дробление и измельчение углей производится в машинах дробления (дробилках). В зависимости от целей дробления и прочности материала дробления применяют дробилки различного типа (щековые, барабанные, барабанно-молотковые, валковые, зубчатые, молотковые). Грубое и тонкое измельчение осуществляется в барабанных мельницах и истирателях.

Для крупного дробления весьма прочных углей используют щековые дробилки (рис. 36.2). В практике углеобогащения эти дробилки находят все большее применение для дробления горной массы крупностью более 150 мм с большим содержанием породы.

Для крупного и среднего дробления углей широко применяются также валковые дробилки, особенно двухвалковые типа ДДЗ, работающие по принципу раскалывания кусков угля. Повышение эффективности

дробления достигается путем установки на валках зубьев, обеспечивающих уменьшение выхода мелочи и снижение расхода энергии на дробление.

Для избирательного дробления используют барабанные дробилки типа ДБ.

Мелкое дробление коксующихся углей, подготовка угля для брикетирования и дробление промежуточных продуктов перед их обогащением осуществляются на молотковых дробилках.

Все типы дробилок требуют соблюдения определенных условий эксплуатации. В частности, в углях, подвергаемых дроблению и измельчению, не должны содержаться металлические предметы. С этой целью перед дробилкой устанавливают предохранительные устройства и магнитные сепараторы.

Дробилки весьма чувствительны к неравномерности подачи исходного материала. Поступающий в дробилку материал должен иметь по возможности минимальное содержание мелких классов угля, которые не требуют дробления и могут быть отделены перед дробилкой для дальнейшей переработки.

Выбор оборудования для дробления и грохочения должен обеспечивать пропускную способность линии, как правило, одним агрегатом высокой производительности. Для поступающих на групповую фабрику привозных углей предусматривается отдельная технологическая линия предварительной обработки. Режим работы отделений дробления и грохочения, расположенных до дозировочно-аккумулирующих бункеров, должен соответствовать режиму работы шахты или разреза. Режим работы отделений дробления и грохочения, расположенных после бункеров, принимается по режиму работы фабрики.

36.4. Гидравлическая классификация

Разделение смеси частиц по скорости их падения в жидкости на отдельные классы называется *гидравлической классификацией*. Гидравлической классификации, как правило, подвергают материал крупностью не более 13 мм. Процесс гидравлической классификации происходит в специальных аппаратах (классификаторах).

По принципу действия гидравлические классификаторы делятся на *отстойные* и *центробежные*. Если в первых разделение осуществляется благодаря действию гравитационных сил, то во вторых используются центробежные силы. Отстойные классификаторы находят в настоящее время ограниченное применение. В зависимости от способа разгрузки крупнозернистой части материала различают классификаторы с разгрузкой самотеком и с механической разгрузкой.

Центробежные классификаторы бывают двух типов: осадительные центрифуги и гидроциклоны. Оба типа центробежных классификаторов применяются для разделения шламов на зернистую и тонкую части. На обогатительных фабриках для выделения из угольных шламов и отходов флотации крупнозернистой части материала и ее обезвожива-

ния используют осадительные центрифуги НОГШ-1350 (непрерывно-действующая осадительная горизонтальная шнековая) и НОГШ-1350И (в износостойком исполнении). Производительность этой центрифуги по пульпе составляет 250 т/ч, по твердому продукту — 15—20 т/ч.

Если в центрифуге пульпа разделяется в результате действия центробежных сил, развиваемых вращающимся ротором, то в гидроциклоне разделение пульпы происходит в результате вращательного движения, полученного ею при определенном (тангенциальном) способе подачи в гидроциклон. Под действием центробежных сил наиболее крупные частицы шлама прижимаются к стенкам гидроциклона и удаляются в виде сгущенного продукта через выпускное отверстие, а тонкий шлам уходит в слив. Производительность гидроциклонов в зависимости от его диаметра изменяется в очень широких пределах. Например, гидроциклон ГЦ-5 (диаметр 50 мм) имеет производительность 1—5 м³/ч, а гидроциклон ГЦ-100 (диаметр 2000 мм) — 325—1200 м³/ч.

Обслуживание осадительных центрифуг сводится к наблюдению за постоянством производительности. На качественные показатели работы центрифуги влияет состояние шнека. При износе витков шнека увеличивается содержание твердого в фугате и размер уносимых в него частиц.

Обслуживание гидроциклонов в процессе их работы сводится к правильному распределению питания. При повышенной производительности по питанию происходит вынос в слив более крупных частиц твердого, а при пониженной — загрязнение сгущенного крупнозернистого продукта тонкими частицами.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое внешняя и гигроскопическая влага?
2. Что такое спекаемость и коксующесть угля?
3. Каковы марки каменных углей?
4. Какие бывают виды опробования углей и в чем их назначение?
5. Что такое ситовый и седиментационный анализы?
6. Каковы основные и побочные продукты обогащения?
7. Что такое грохочение и в чем его назначение?
8. Какие способы разрушения используются при дроблении?
9. Что такое степень дробления?
10. Какие бывают гидравлические классификаторы и в чем их назначение?

37. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ОБОГАЩЕНИЯ УГЛЕЙ

37.1. Обогащение углей в наклонно текущем потоке

Обогащение углей в струе воды, текущей по наклонной плоскости, осуществляется в моечных желобах и на концентрационных столах.

Моечные желоба могут применяться для обогащения крупных и реже мелких классов угля. Граничный размер породных частиц, ниже которого обогащение в желобах неэффективно из-за взвешивания частиц,

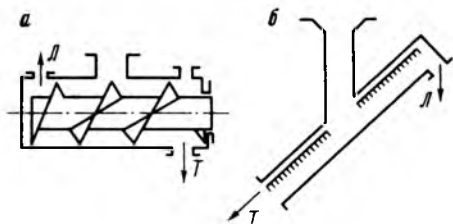


Рис. 37.1. Схемы противоточных сепараторов:

а — горизонтального шнекового типа СШ; *б* — крутонаклонного типа КНС; *Л* — легкие фракции; *Т* — тяжелые фракции

составляет для желобов крупного угля 3 мм, для желобов мелкого угля 0—0,8 мм. В последние годы моечные желоба почти повсеместно заменены тяжелосредними установками и отсадочными машинами.

Для обогащения энергетических углей, антрацитов и удаления породы из горной массы на шахтах и разрезах применяют противоточные сепараторы: горизонтальные шнековые типа СШ (рис. 37.1, *а*) и крутонаклонные (рис. 37.1, *б*).

Разделение материала на легкую и тяжелую фракции происходит под действием собственного веса и гидродинамического воздействия потока разделительной среды. Получаемые продукты обогащения в рабочей зоне сепараторов движутся в противоположных направлениях: легкие фракции по движению потока разделительной среды, тяжелые навстречу им.

Наибольшее распространение в промышленности получили сепараторы типа СШ, которые применяются при обогащении углей крупностью 6—25; 13—80 и 13—100 мм марок А, Д, К и Г.

37.2. Сухие методы обогащения

Сухое обогащение угля производится методами пневматического обогащения в аэросуспензиях, а также методами, основанными на различии физических свойств компонентов угля.

Наибольшее распространение получило пневматическое обогащение углей с использованием подаваемого под давлением воздуха (пневматические сепараторы, пневматические отсадочные машины). Принцип разделения угля по плотности в воздухе по существу аналогичен разделению в воде. Разделение угля на тяжелую и легкую фракции происходит быстрее всего при крупности обогащаемого материала 13—25 мм. Значительно медленнее и менее эффективно расслаивается при пневматическом обогащении класс 0—50 мм.

Недостатками пневматического обогащения являются неточность разделения угля на составляющие компоненты, чрезмерная чувствительность к влажности обогащаемого материала, повышенная чувствительность к наличию большого числа промежуточных фракций. Достоинства же его — отсутствие влажных продуктов, возможность обогащения углей с незначительной плотностью.

Пневматическое обогащение углей осуществляется на пневматических отсадочных машинах типа ПОМ и пневматических сепараторах типа СП. Последние имеют большее распространение.

Пневматические сепараторы типа СП предназначены для обогащения высокозольных бурых углей крупностью 0—75 мм (с выделением концентрата и породы) и сланцев. Однако из-за относительно низкой их эффективности они заменяются установками с более совершенными процессами обогащения углей — гидравлической отсадкой и в тяжелых средах. К настоящему времени пневматическое обогащение имеет распространение в районах с суровым климатом и Подмосковном бассейне (бурые угли).

37.3. Флотация

Флотацией называется метод обогащения в жидкости, основанный на свойстве частиц полезного ископаемого прилипать к воздушным пузырькам, а породных — оставаться в жидкости во взвешенном состоянии. По принципу действия различают пенную, масляную и пленочную флотацию. Масляная и пленочная флотация при обогащении углей не применяются.

Пенная флотация используется для обогащения частиц шлама размером менее 0,5 - 0,75 мм. При флотации наибольшее значение имеет избирательная смачиваемость водой различных по природе частиц угля и породы. Хорошо смачиваемые водой частицы называются гидрофильными, не смачиваемые или плохо смачиваемые — гидрофобными. Минеральные примеси в угле (глинистые вещества, кварц, сланцы, кальцит и другие минералы) являются гидрофильными, а угольные частицы органического происхождения — гидрофобными. При этом необходимо принимать во внимание неодинаковость степени гидрофобности углей. В частности, так как бурые угли легко смачиваются, обогащение их методом флотации невозможно.

Сила прилипания зависит от степени гидрофобности поверхности частицы, размера пузырька и плотности пульпы. При мелких пузырьках воздуха процесс флотации протекает более эффективно. Это обусловлено увеличением общей длины периметра смачивания, способствующим повышению прочности прилипания пузырька. Насыщение воздушными пузырьками пульпы также имеет важное значение для успешной флотации углей.

В чистой воде пузырьки воздуха неустойчивы: сталкиваясь, они сливаются, а поднявшись на поверхность, лопаются. Для стабилизации пузырьков воздуха и повышения их дисперсности в пульпу вводят специальные реагенты-пенообразователи. Наиболее эффективными пенообразователями являются органические поверхностноактивные вещества, уменьшающие поверхностное натяжение воды. Устойчивость пены повышается при уменьшении размеров частиц угля и пузырьков воздуха.

По выполняемым функциям реагенты делятся на собиратели (коллекторы), пенообразователи (вспениватели) и регуляторы среды. При флотации углей наибольшее значение имеют собиратели и пенообразователи. По составу реагенты могут быть разделены на углеводо-

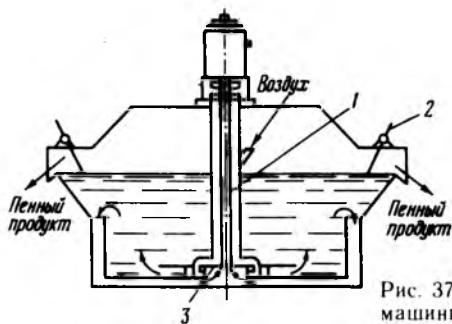


Рис. 37.2. Схема механической флотационной машины:

1 — вал; 2 — пенигон; 3 — импеллер

родные масла, смеси углеводородов с поверхностноактивными веществами, поверхностноактивные вещества и электролиты.

Флотационный процесс производится в флотационных машинах, которые в зависимости от способа аэрации пульпы делятся на механические и пневматические.

В механических машинах аэрация осуществляется засасыванием воздуха в пульпу из атмосферы импеллером или подачей его под импеллер от воздуходувки (рис. 37.2), в пневматических — непосредственным вводом в пульпу сжатого воздуха.

Содержание твердой фазы в пульпе, подвергаемой флотации, должно составлять: для углей марок Г и Д — 80—120 кг/м³; для углей марок Ж, К, ОС, Т — 120—150 кг/м³; для антрацитов — 150—180 кг/м³; для углей, добываемых гидравлическим способом, — 40—100 кг/м³. Бóльшее значение содержания твердой фазы следует принимать при ее зольности до 30%. Содержание класса 0,5—1 мм в питании флотации не должно превышать 5%.

Флотация предусматривает, как правило, получение двух конечных продуктов — концентрата и отходов.

Для обезвоживания флотоконцентрата каменных углей и антрацитов применяются в основном дисковые вакуум-фильтры. Содержание твердой фазы в концентрате, поступающем на обезвоживание, составляет 200—350 кг/м³.

Влажность обезвоженного концентрата должна составлять для каменных углей 23—26%, для антрацитов 21—23%.

Отделение флотации и фильтрации флотоконцентрата размещается в главном корпусе обогатительной фабрики. При этом оборудование необходимо устанавливать так, чтобы обеспечить самотечный транспорт пульп, особенно пенного продукта, со скоростью, исключающей выпадение из потока твердого осадка. Аппараты для подготовки пульпы располагают, как правило, на 3—4 м выше флотомашин, а вакуум-фильтры для обезвоживания флотоконцентрата — ниже флотомашин. Допускается напорная подача флотоконцентрата на обезвоживание.

37.4. Обогащение в тяжелых средах

Обогащением в тяжелых средах называется разделение компонентов угля, имеющих различную плотность, в жидкой среде с плотностью, промежуточной между плотностями разделяемых частиц. В качестве тяжелых сред используются однородные органические жидкости, растворы солей и суспензии. Последние представляют собой взвесь в воде минеральных частиц размером менее 0,1 мм. Наибольшее распространение в практике углеобогащения получили минеральные суспензии на основе магнетита.

При равенстве плотности среды и твердой частицы последняя будет находиться во взвешенном состоянии. Изменение плотности среды приводит или к всплыванию твердой частицы (плотность среды выше), или к ее падению (плотность среды меньше).

Основные свойства суспензии — плотность, вязкость и устойчивость. Плотность суспензии зависит от соотношения твердой и жидкой фаз в единице объема и измеряется в г/см^3 или в кг/м^3 . Вязкость суспензии обусловлена концентрацией в ней твердой фазы и степенью измельчения утяжелителя. Для измерения вязкости суспензий используются относительные единицы. Вязкость суспензии определяют относительно вязкости воды по скорости истечения через капилляр.

Под устойчивостью суспензии понимают ее способность сохранять постоянное содержание утяжелителя в различных по высоте слоях. Это одно из важнейших свойств, влияющих на точность разделения материала по заданной плотности. По устойчивости суспензии делятся на устойчивые, неустойчивые и стабилизированные.

Устойчивость суспензий определяется по скорости осаждения частиц утяжелителя. Устойчивость суспензии зависит также от засорения ее шламом обогащаемого материала. Существуют допустимые пределы засорения шламом магнетитовой суспензии. Например, при плотности суспензии 1600 кг/м^3 засорение шламом не должно превышать 300 кг/м^3 , при плотности 1800 кг/м^3 — 200 кг/м^3 , при плотности 2000 кг/м^3 и выше — 100 кг/м^3 .

Для обогащения в тяжелых средах применяются специальные машины, называемые *сепараторами*. Наибольшее распространение получили

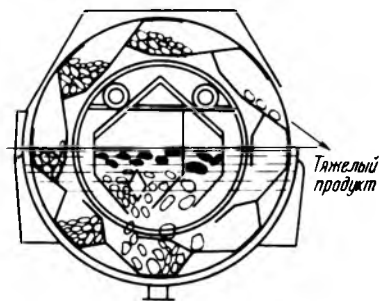


Рис. 37.3. Тяжелосредный сепаратор с вертикальным колесом типа СКВ

сепараторы с вертикальным колесом типа СКВ (рис. 37.3). На сепараторах этого типа можно обогащать угли крупностью от 18 до 300 мм.

Качество обогащения угля в сепараторах зависит от постоянства плотности среды в различных зонах сепаратора. Для регулирования плотности суспензии применяют специальные регуляторы. Наиболее распространен в практике обогащения крупнокусковых углей автоматический регулятор плотности суспензии РПСМ.

Немаловажное значение для качества обогащения имеет периодическая регенерация (восстановление) суспензии, которая при работе сепаратора насыщается тонкими частицами обогащаемого материала. Возможна и полная замена загрязненной суспензии, однако большие расходы утяжелителя на 1 т обогащаемого угля резко увеличивают затраты на обогащение.

В зависимости от характеристики углей и применяемых сепараторов при обогащении углей в тяжелых средах предусматривается выделение двух (концентрат и отходы) и трех (концентрат, промежуточный продукт и отходы) продуктов.

Режим работы тяжелосредных установок должен строго контролироваться. В первую очередь необходимо поддерживать равномерность подачи исходного материала, плотность суспензии и обеспечивать точность классификации угля перед его обогащением.

37.5. Отсадка

Разделение смеси частиц угля по плотности в результате действия переменных по направлению струй воды называется *отсадкой*. Тяжелый продукт концентрируется в нижних слоях, а легкий продукт — в верхних. Область применения способа обогащения отсадкой сосредоточена в диапазоне крупности углей от 0,5 до 100—150 мм.

Отсадка является непрерывным процессом, осуществляемым в отсадочных машинах. Наиболее широко применяются при обогащении углей отсадкой беспоршневые отсадочные машины типа ОМ. Разделение материала на тяжелую и легкую фракции в машинах этого типа происходит при воздействии восходящих и нисходящих струй воды на слой угля (постель) в отсадочном отделении. Пульсация воды создается периодическим впуском и выпуском сжатого воздуха.

Отсадочные машины типа ОМ дают хорошие результаты при обогащении углей различной крупности. Засорение концентрата породными фракциями находится в пределах 0,2–0,5%, погрешность разделения составляет 0,15–0,18.

На показатели работы отсадочных машин большое влияние оказывают фракционный состав поступающих углей, их механическая прочность, равномерность питания, амплитуда колебания воды и число пульсаций в единицу времени, степень загрязнения циркулирующей воды шламом и другие факторы.

Отсадочные машины, как правило, применяются для обогащения мелких классов и антрацитов легкой и средней обогатимости. Верхний

предел крупности углей, обогащаемых в отсадочной машине, не более 150 мм. Нижний предел крупности мелких классов углей и антрацитов составляет 0,5 мм, а при обогащении углей крупного машинного класса нижний предел крупности составляет 13 мм.

37.6. Обезвоживание, обеспыливание и осветление воды

Кроме основных процессов угля на обогатительных фабриках необходимо выполнять целый ряд других процессов: обеспыливание (обесшламливание), пылеулавливание, обезвоживание, осветление воды, хранение продуктов обогащения и воды. Эти процессы и ряд других, хотя они достаточно сложны в технологическом отношении, называются **вспомогательными**.

Обспыливанием и **пылеулавливанием** называется отделение пыли от мелкого угля и улавливание (осаждение) ее из запыленного воздуха. Обспыливание осуществляется с использованием специальных средств, основанных на принципе разделения частиц угля и пыли в струе воздуха, пылеулавливание — путем осаждения частиц пыли из медленно движущегося потока под действием собственного веса или центробежной силы. Пылеулавливание производят также путем фильтрования запыленного воздуха через пористые перегородки в матерчатых фильтрах.

Обезвоживание осуществляется методами естественной фильтрации воды или дренирования, принудительного удаления воды под действием центробежной силы или давления воздуха, испарения влаги.

Предварительное обезвоживание частиц шлама, взвешенных в моченых водах, путем осаждения их под действием собственного веса или центробежной силы называется **сгущением**. Осветленную воду используют в качестве оборотной для различных технологических процессов.

В связи с тем, что концентрат углеобогатительных фабрик должен отгружаться при влажности не более 10% в летний период времени и не более 8% в зимний, то мелкий и особенно флотационный концентраты необходимо подвергать термической сушке.

Термическая сушка заключается в удалении влаги из углей и продуктов обогащения путем ее испарения при нагревании высушиваемого материала горячим воздухом или дымовыми газами. Для сушки применяются сушилки трех типов: барабанные вращающиеся, трубы-сушилки и сушилки с кипящим слоем. В основу первого типа сушилок положен принцип непосредственного контакта материала с горячими газами и нагретой поверхностью барабана. В сушилках второго типа при движении горячего газа в вертикально установленных трубах он увлекает высушиваемый материал, крупные частицы которого оседают в нижней части трубы, а взвешенные частицы транспортируются газом в циклон. Крупные частицы угля удаляются из нижней части трубы шлюзовыми или шнековыми затворами на конвейер, туда же поступает осажденный материал из циклона. Высота трубы сушилки составляет не более 20 м, причем

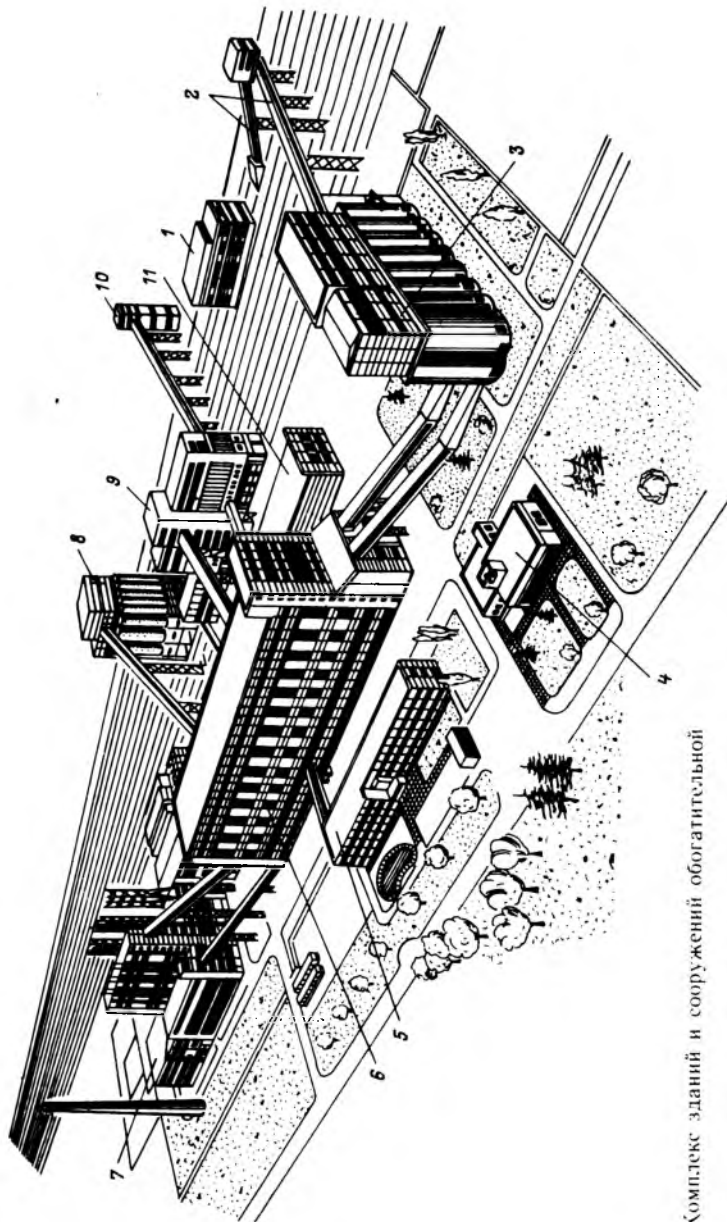


Рис. 37.4. Комплекс зданий и сооружений обогатительной фабрики:

1 - вагонопогрузчик; 2 - галерея, оборудованная точными конвейерами; 3 - здание дозирочно-аккумулирующих бункеров; 4 - столовая; 5 - административно-бытовой комбинат; 6 - главный корпус обогащения; 7 - сушильный корпус с котельной; 8, 9 - погружные бункеры; 10 - бункер для отходов; 11 - механические мастерские

самым интенсивным участком по удалению влаги являются первые 8—10 м. Производительность трубы-сушилки зависит от ее диаметра и составляет 150 т/ч по исходному материалу при диаметре трубы 1100 мм.

Сушка в кипящем слое основана на поддержании во взвешенном состоянии динамическими силами газообразного сушильного агента частичек сушимого материала, которые не выносятся из камеры, а совершают беспорядочные движения, образуя кипящий слой. Разгрузка высушенного материала производится через «сливной порог», расположенный над решеткой, а газы, поддерживающие сушимый материал в псевдооживленном состоянии, направляются в пылеулавливающие устройства. Производительность таких установок достигает 600 т/ч.

37.7. Обогащительные фабрики

Обогащительные фабрики могут быть индивидуальными, групповыми и центральными в зависимости от места расположения относительно источников поступления рядового угля.

Индивидуальные обогащительные фабрики располагаются, как правило, на промплощадке шахты и обогащают уголь, поступающий из этой шахты, групповые обогащительные фабрики — на промплощадке одной из шахт, входящей в группу близко расположенных шахт, и обогащают угли этой группы шахт, центральные обогащительные фабрики — в месте пересечения грузопотоков рядового угля нескольких шахт.

Основным требованием к компоновке оборудования обогащительных фабрик является обеспечение минимального количества подъемов твердых, жидких и полужидких продуктов. В связи с этим здания фабрик сооружают по высотной схеме путем размещения оборудования на нескольких этажах. Уголь и воду подают на самую высокую отметку здания фабрики, а продукты отдельных операций самотеком или с небольшим числом промежуточных подъемов перемещаются на нижние перекрытия.

В комплекс зданий и сооружений обогащительной фабрики входят главный корпус, приемные, аккумулирующие шихтовочные бункера, склады для исходного угля и продуктов обогащения, конвейерные галереи, соединяющие фабричные корпуса, породные отвалы и шламовые отстойники (рис. 37.4).

Режим работы обогащительных фабрик должен соответствовать режиму работы обслуживаемых предприятий.

Вопросы для самоконтроля

1. В чем недостатки пневматического обогащения?
2. Что такое гидрофильность и гидрофобность при флотационном обогащении?
3. Каковы способы аэрации пульпы в флотационных машинах?
4. В чем сущность процесса обогащения в тяжелых средах и какие основные требования предъявляют к суспензии?
5. В чем заключается принцип действия отсадочной машины?

6. Какие процессы на обогатительных фабриках относятся к вспомогательным?

7. Каково основное требование к компоновке оборудования обогатительных фабрик?

38. БРИКЕТИРОВАНИЕ И КОКСОВАНИЕ УГЛЕЙ

38.1. Брикетиrowание углей

Для улучшения потребительских свойств угольной мелочи, тощих каменных углей, лигнитов (молодых бурых углей) при сжигании в котельных и печах используется их брикетирование. Сущность брикетирования заключается в превращении угольной мелочи путем прессования в кусковой продукт, называемый **брикетом**. Теплота сгорания брикетного топлива в 1,5—2 раза больше, чем теплота сгорания угля. В результате увеличения прочности брикетов по сравнению с исходным углем появляется возможность транспортировать их и длительно хранить.

Существуют два различных метода брикетирования углей: без связующего и со связующим.

Брикетиrowание без связующего осуществляется под высоким давлением — до 150—200 МПа. Этим способом брикетируются лигниты. Технология брикетирования без связующего включает стадию грохочения и дробления лигнита до крупности 0—6 мм. Измельченный лигнит при влажности 30—60% высушивается до влажности 12—16%, а после на охлаждении до 40—50 °С подвергается непосредственному прессованию. Готовый продукт (брикеты) охлаждается до температуры 35 °С и поступает на склад или отгружается потребителю.

Брикетиrowанию со связующим подвергают каменноугольную мелочь, мелочь бурых углей и антрацитов. В качестве связующего применяется каменноугольный пек или битум.

После измельчения угля до крупности 0—6 или 0—3 мм его сушат до влажности 3—4%. Связующее присаживается в количестве 8—10%. Смесь угля и пека перемешивается, пропаривается перегретым паром до температуры 300—350 °С и поступает на прессование, которое осуществляется под давлением 15—40 МПа. Готовые продукты (брикеты) охлаждаются и могут отгружаться потребителю.

Прессование под большим давлением (до 240 МПа) производится на штемпельных прессах или на кольцевых прессах. Прессование под низким давлением осуществляется на вальцовых прессах. Форма брикета может быть прямоугольной или яйцевидной.

Вне зависимости от способа брикетирования на фабриках уголь вначале принимается в бункеры. Из бункеров уголь конвейерами подают в дробильно-сортировочный цех, из которого он поступает в сушильный, а затем в прессовый цех и на склад готовой продукции. На фабриках, работающих со связующим, имеется пункт приема связующего.

В настоящее время разрабатываются новые способы производства брикетного топлива: автоклавная обработка угля с последующим бри-

кетированием со связующим на вальцовых прессах; среднетемпературная переработка (до 380—400 °С) и последующее горячее брикетирование угля на штемпельных прессах при давлении 80–90 МПа, высокоскоростной пиролиз угля с последующим брикетированием полукокса с тяжелой частью смолы, получаемой в процессе.

38.2. Коксование углей

Главный потребитель кокса — доменное производство. Кокс в доменной печи является источником тепла, восстановителем оксидов металлов и разрыхлителем столба шихтовых материалов.

Кокс представляет собой продукт термохимической переработки угля в закрытом помещении без доступа воздуха. При такой переработке происходит возгонка летучих веществ, а в остатке получается кокс. Из 1 т угля получается 650—770 кг кокса.

Для доменного производства требуется крупнокусковой кокс такой прочности, чтобы он не разрушался в домне. Со строительством доменных печей большого объема и изменениями в технологии доменного производства значительно возросли требования к качеству кокса. Первостепенное значение приобрела функция кокса как разрыхлителя, создающего необходимую газопроницаемость столбу материалов в домне, которая определяется крупностью и равномерностью распределения кокса на нижних горизонтах доменной печи.

Лучший кокс получается из углей марок К (кокосый) и Ж (жирный). Из-за дефицита углей марки К и Ж для получения кокса смешивают угли марок Г, ГЖ, Ж, КЖ, К, К₂, ОС в таком соотношении, которое дает возможность получить кокс нужного качества. Смесь углей для коксования называется *шихтой*.

Пригодность марок угля для использования в коксовании принято определять по толщине пластического слоя. Определение толщины пластического слоя производится в специальном аппарате. Толщина пластического слоя для угля марки К Донецкого бассейна составляет 14–20 мм.

Процесс коксования характеризуется сложными физическими, химическими и физико-химическими превращениями. Весь ход процесса можно расчленить на пять стадий.

Первая стадия — нагревание до 200 °С. На этой стадии испаряется большая часть воды, заключенной в угле. Одновременно улетучиваются газы (оксид углерода, метан), адсорбированные на поверхности угля. Эта стадия носит название *стадии сушки угля*.

Вторая стадия — нагревание в пределах 200–350 °С. На этой стадии происходит выделение горючих газов, паров воды, смолы. К концу стадии уголь размягчается, т. е. начинается *разложение угля*.

Третья стадия — нагревание в диапазоне температуры 350–500 °С. Уголь интенсивно разлагается, образуется много смол и газов. Стадия называется *стадией пластического состояния*.

Четвертая стадия происходит при температуре 500–600 °С. Она характеризуется меньшим образованием смол и газов. При ней происходят

спекание и образование полукокса. Это — стадия образования полукокса.

Пятая стадия протекает при температуре 600—1000 °С. При ней образуется немного смол, углеводородов и водорода и заканчивается процесс образования кокса.

Качество кокса зависит от продолжительности каждой стадии. Особенно на качество кокса влияют процессы, протекающие на второй и третьей стадиях. Чем больше при коксовании образуется жидких продуктов, тем лучше для процесса коксования. Необходимо, чтобы в жидкой части пластической массы было больше углеводородов и меньше кислородных соединений. Качественный кокс образуется в результате правильного составления шихты и режима ее нагрева.

При составлении шихты для получения доменного кокса большое значение имеет содержание в угле золы, серы и фосфора. Шихту составляют так, чтобы получить кокс заданного качества. Зольность кокса допускается порядка 7,5%. Содержание серы в шихте не должно превышать 1,7—1,8%. В процессе коксования часть серы уходит вместе с коксовыми газами.

Коксовые печи и батареи имеют различное конструктивное исполнение. Это вызвано стремлением обеспечить равномерное нагревание коксовой шихты по всему объему камеры для возможности получения кокса лучшего качества. Обогрев камеры производят с боков, а камеру делают длинной, узкой и удобной для обслуживания. Стандартные размеры печи: ширина 407 мм, высота 4300 мм и длина 14 080 мм. Печи соединяются в батареи. Стандартное число печей в батарее равно 65.

Коксовый газ из камеры коксования собирают в газосборнике и отводят по газопроводу в химический цех. В качестве топлива для коксования по газопроводу подается доменный газ.

Средняя продолжительность коксования в печах с камерами шириной 410 мм равна 14,9 ч, а в печах с камерами шириной 450 мм — 17,1 ч. Средняя вместимость одной печи составляет 22,3 м³, а ее производительность по коксу — 7650 т/год. В настоящее время успешно эксплуатируются коксовые печи с камерами высотой 5; 5,5 и 6 м и длиной 14,08; 15,04 и 16 м. Увеличение размеров печей сопровождалось мероприятиями по улучшению равномерности их обогрева. Получили распространение печи с нижним подводом и регулированием подачи газа и воздуха.

Продуктами коксования кроме кокса является коксовый газ, который представляет собой ценное химическое сырье, топливо для мартеновских печей и энергетическое топливо. Такие продукты, как бензол, сольвент, нафталин, креозолы, смолы, каменноугольные масла для производства сажи, поставляются в основном коксохимией для дальнейшей химической переработки.

Основные направления совершенствования техники и технологии коксового производства — термическая подготовка шихты, избирательное измельчение шихты, повышение скорости коксования, увеличение объема печей, сухое тушение кокса, механическая обработка и сортировка кокса.

38.3. Основные направления и объемы использования продуктов переработки каменных и бурых углей

Кокс применяется в качестве топлива и восстановителя при производстве черных металлов: доменная плавка — 65,3%, агломерация руд — 6,4%, производство ферросплавов — 1,9%, прочие потребители — 2,7%. Примерно 2,3% производимого кокса используется на предприятиях цветной металлургии, 2,5% — в химической промышленности и 3,9% — в литейном производстве.

Образующаяся в процессе коксования углей каменноугольная смола служит основой для получения масла, пека, нафталина, фенола и других продуктов. Из каменноугольной смолы ежегодно производится более 1 млн т различных масел.

Коксовый газ расходуется главным образом на коксохимических заводах (45%), в черной металлургии (45%), заводах органического синтеза (5,4%) и прочими потребителями (2,4%); остальное количество теряется. Затраты на производство 1 т кокса составляют от 5 до 7,5 руб.

Из общего количества полукокса, получаемого из каменных углей, примерно 50% расходуется для производства технологического и энергетического газа, а остальное используется в качестве восстановителя на предприятиях черной и цветной металлургии. Затраты на полукоксование 1 т угля составляют в среднем 3,6 руб.

На основе газификации углей можно получать технологический газ, пригодный для переработки в метанол, потребность в котором постоянно увеличивается. Затраты на производство метанола из углей несколько выше, чем из природного газа, однако снижение металлоемкости производства синтетического газа и повышение производительности оборудования позволят в будущем уменьшить или даже ликвидировать этот разрыв.

В связи с ограниченностью и постепенным истощением запасов нефти и ростом потребности в продуктах ее переработки в последние годы резко возрос интерес к углю как к перспективному сырью для производства жидкого топлива. Жидкое топливо может быть получено методом гидрогенизации углей, из легкосредней фракции полукоксовой смолы на основе бурых углей, а также при газификации углей с последующим синтезом получаемого газа.

К продукции нетопливного назначения, получаемой из углей, необходимо отнести адсорбенты, углеродистые материалы и термоантрацит.

Наиболее распространенным адсорбентом является активный уголь. В результате термической обработки угля или воздействия на него различных окислителей (активация) происходит увеличение числа пор и тем самым повышается адсорбционная (поглощающая) способность угля.

Адсорбенты получают в виде порошка, кусков (зерен) и гранул. Наибольшее распространение получило производство гранулированных адсорбентов, представляющих собой смесь углесодержащих материалов (угля, полукокса) и древесной смолы.

С целью удешевления производства разработана технология получения сферических адсорбентов из спекающихся углей разной стадии метаморфизма без применения связующих веществ. Сферические адсорбенты применяются в процессе бесфильтрационного извлечения драгоценных металлов из рудных пульп, в медицине при острых отравлениях, для очистки отходящих газов при производстве антибиотиков.

В промышленности производят и широко применяют для смягчения и обессоливания воды химически активный материал — сульфуголь. Этот адсорбент представляет собой продукт обработки каменных углей некоторых марок серной кислотой.

Каменный уголь в виде порошка находит применение в качестве формовочного материала. Включение в состав формовочного материала угольного порошка улучшает качество отливаемых изделий из ковкого и серого чугуна. Основным потребителем угольного порошка — машиностроение.

Вопросы для самоконтроля

1. В чем принципиальное различие между двумя основными способами брикетирования?
2. Каков состав оборудования брикетных фабрик?
3. Каково назначение кокса в доменном производстве?
4. Какие марки угля наиболее пригодны для коксования?
5. Каковы стадии процесса коксования?
6. Какие основные требования предъявляются качеству кокса?
7. Какие дополнительные продукты получают при коксовании углей?
8. Каковы продукты газификации и гидрогенизации угля?
9. Какие продукты нетопливного назначения получают из угля?

Часть XI

ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ ПО МАРКШЕЙДЕРСКОМУ ДЕЛУ

39. ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ И ФУНКЦИИ МАРКШЕЙДЕРСКОЙ СЛУЖБЫ НА ШАХТЕ

39.1. Значение и задачи маркшейдерского дела в горной промышленности

Маркшейдерское дело представляет собой раздел горной науки, который занимается составлением графических и статистических материалов, характеризующих расположение месторождений полезных ископаемых, горных выработок, сооружений на поверхности, и вынесением на натуру результатов проектных работ. Маркшейдерское дело можно с полным основанием назвать частью геодезии — науки, изучающей размеры и форму земной поверхности и ее отображением на планах и картах.

Маркшейдерская служба на горных предприятиях тесно сотрудничает с геологической службой. Только при совместной деятельности маркшейдеров и геологов возможно правильно отобразить состояние и перспективы развития горных предприятий. Деятельность геолого-маркшейдерской службы на шахте охватывает изучение элементов залегания угольных пластов, состояние горных выработок и объектов, расположенных на поверхности горного отвода, определение правильного направления при проведении горных выработок, сбойку выработок между собой, установление объемов добытого полезного ископаемого и границ выемочных участков, блоков и шахтного поля под землей.

Работа маркшейдерской службы основана на использовании расчетных методов и средств вычислительной техники. Точность полученных исходных данных обеспечивается применением соответствующих приборов и инструментов.

Составленная на основании данных детальной геологической разведки месторождения маркшейдерская документация (карты, планы, вертикальные разрезы) является основанием для проектирования горных предприятий. При строительстве шахты (разреза) в задачи маркшейдерской службы входит вынесение на натуру наземных сооружений и подземных горных выработок в соответствии с проектом, а также осуществление контроля за соблюдением их горизонтальных размеров и вертикальных отметок.

Основная задача маркшейдерской службы в период эксплуатации шахты (разреза) заключается в составлении и постоянном пополнении геолого-маркшейдерской документации, необходимой для планирования развития горных работ в соответствии с проектом и указаниями соответствующих служб.

Содержание геолого-маркшейдерской документации включает планы развития горных работ по отдельным пластам, планы основных выработок по горизонтам шахты, план поверхности и другие документы, на которых нанесены фактическое или ожидаемое положение горных выработок на начало планируемого периода и возможное развитие горных работ на завершающем этапе с разбивкой по месяцам, кварталам или годам.

Фактическое положение на начало периода дается в сравнении с тем, что должно было быть в соответствии с календарным планом отработки шахтного поля или другим, ранее действовавшим планом.

В задачи шахтных маркшейдеров входит наблюдение за сдвижением земной поверхности на горном отводе с целью исключения негативного влияния подземной разработки на различные сооружения и природные объекты (леса, водоемы и т. п.).

39.2. Понятие о карте, плане, профиле и разрезе

При нанесении на карты подробностей, находящихся на поверхности земли или вблизи нее, земную поверхность для точных изображений следует рассматривать как поверхность геоида.

Геонд — сложная форма, требующая больших вычислений. Поэтому в маркшейдерских расчетах земную поверхность с достаточной точностью можно рассматривать как поверхность эллипсоида. Поверхность эллипсоида проектируется на лист бумаги с изменением размеров. В географии поверхность земли рассматривается как поверхность шара, которую изображают на листе бумаги в виде полушарий. *Карта* — графическое изображение земной поверхности с учетом ее кривизны. В горном деле для изображения геологии района или бассейна пользуются специальными картами. Для изображения поверхности шахтного или карьерного поля нет существенной разницы в том, будет ли рассматриваться эта поверхность как поверхность шара, эллипсоида или плоскость. Ощутимой разницы не наблюдается при длинах менее 20 км. Изображение поверхности земли в виде плоскости значительно проще и требует меньше вычислений, чем изображение в виде криволинейной поверхности. По этой причине для отдельных шахтных полей поверхность земли и горные выработки проектируются на плоскость.

Проекция земной поверхности, наземных сооружений и подземных выработок на горизонтальную поверхность называется *планом*. Для большей точности планы указывают с координатами ближайших точек государственной триангуляционной сети, которая представляет собой отстоящие друг от друга на расстоянии от 2—4 до 20—25 км точки с координатами, определенными максимально точно с учетом криволинейности земной поверхности. Положение точки на земной поверхности закрепляется находящимися в грунте бетонным или каменным основанием, над которым сооружается триангуляционная пирамида. Триангуляционные точки являются основой для составления карт и выполнения топографических съемок.

С целью уточнения характеристик некоторых естественных образований, протяженных искусственных сооружений и предметов используют понятия «профиль» и «разрез».

Профиль — вертикальное сечение участка земной поверхности или искусственного сооружения в определенном направлении (не обязательно прямолинейном), показывающее высоту отдельных точек линии сечения предмета относительно горизонтальной плоскости. Различают продольные и поперечные профили. Примером продольного профиля является профиль дна реки между указанными точками или профиль железной дороги (автодороги). Изображение линии поверхности при сечении железнодорожного полотна, русла реки перпендикулярно продольной оси — это поперечный профиль.

Для характеристики элементов залегания пластов полезного ископаемого и пустых пород вквост простираения на определенную глубину строят вертикальный разрез, приурочив его, как правило, к главным вскрывающим или подготавливающим выработкам. В отличие от профиля вертикальный разрез дает более полное представление о характеризуемом объекте. Установлены определенные правила построения профилей и разрезов в зависимости от конкретных задач, стоящих перед геолого-маркшейдерской службой.

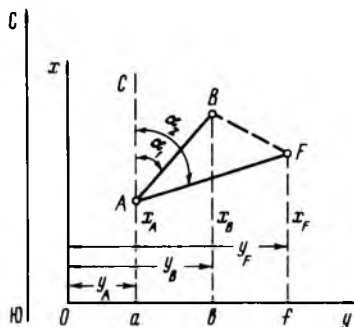


Рис. 39.1. Схема к определению взаимного положения точек

39.3. Определение взаимного положения точек линейными и угловыми величинами

Чтобы отдельные точки, линии и контуры местности можно было правильно показать на плане, необходимо установить взаимное положение этих точек. Положение точек дает возможность определить положение линий и контуров, их соединяющих.

Взаимное положение точек можно установить, зная значения углов и длину линий между точками. Пусть на местности (рис. 39.1) известно положение меридиана, а также взаимное положение точек A , B и F . Перенесем направление меридиана в точку A плана, а для нанесения точки B на план измерим на местности горизонтальное расстояние между точками A и B и угол α_1 между меридианом и направлением на точку B . Отложим на плане от точки A угол α_1 , равный углу α_1 на местности. На полученном направлении откладываем горизонтальное расстояние AB , уменьшенное в принятом масштабе. Установив положение точки B , таким же способом можно определить и положение точки F . Показав точку F на плане, установим положение линий AB и AF .

Вопросы для самоконтроля

1. В чем назначение маркшейдерской службы на шахте?
2. Какие бывают основные виды маркшейдерской документации?
3. Что такое триангуляционная сеть и в чем ее назначение?
4. Чем отличается профиль от вертикального разреза?
5. Какие исходные данные необходимо знать для определения взаимного положения точек?

40. ПОНЯТИЕ ОБ ИЗМЕРЕНИЯХ. МАРКШЕЙДЕРСКИЕ ИНСТРУМЕНТЫ

40.1. Измерение длин линий

Длину линий в подземных выработках измеряют рулетками, длиномерами и светодальномерами. Рулетки имеют длину 10, 20, 30 и 50 м. Стальные рулетки применяют для основных маркшейдерских работ,

а тесьмяные — для менее ответственных работ и замеров. Рулетки имеют сантиметровые деления, а на первом дециметре — и миллиметровые деления. Стальные рулетки, предназначенные для точных измерений, сличают с точной мерой. Измерения стальной рулеткой производят с постоянным усилием нажатием (обычно 100 кН). Удобны рулетки с динамометром, смонтированным в рулетке. Сличение длин рулеток с нормальной мерой (компаратором) называют **компарированием**. Стальные рулетки компарируют с относительной ошибкой не более 1:20 000 их длины. Перед измерением линию провешивают и на расстояниях, меньших длины рулетки, размещают отвесы. Замер производят с тем же натяжением, что и при компарировании. Каждую линию измеряют два раза в прямом и обратном направлениях. Расхождение между двумя измерениями не должно превышать в ходах первого разряда 1 : 3000 измеряемой длины и в ходах второго разряда 1 : 2000. В результате измерений длин сторон теодолитных ходов первого разряда вводят поправки на компарирование рулетки, приведение к горизонту, температуру и провес рулетки. Для измерения больших расстояний в шахте применяются автоматические длиномеры, светодальномеры и тахеометры. Отличительные способности этих приборов — высокий уровень автоматизации, малые размеры и небольшая масса.

Техника измерения расстояний с помощью указанных приборов предполагает определение вертикальных углов в точке установки прибора по отношению к верхнему и нижнему срезу мерной рейки, установленной в точке, расстояние до которой предполагается определить. Зная одну из сторон воображаемого треугольника (длину мерной рейки) и значения углов, определяют горизонтальное расстояние между точками.

40.2. Измерение углов

Для измерения углов в ответственных маркшейдерских съемках применяют горные теодолиты. Отечественной промышленностью выпускаются унифицированные теодолиты 2Т-2, 2Т-2П, 2Т-2А, АТ-5К, 2Т-5КП, разработанные на основе единой базовой модели. В подземных условиях используют теодолиты 2Т-5К и 2Т-5КП.

Основными частями теодолита (рис. 40.1) являются подставка 1, устанавливаемая в горизонтальное положение при помощи установочных винтов 2, корпус 3 с размещенными внутри него устройствами измерений вертикальных и горизонтальных углов, зрительная труба 4 прямого изображения. Теодолит снабжен системой контроля уровня горизонта.

При измерении углов теодолит устанавливают на штативе. Перед измерением угла теодолит необходимо центрировать, т. е. установить так, чтобы его вертикальная ось совпадала с вертикальной линией, проходящей через центр маркшейдерского знака. После этого с помощью установочных винтов теодолит приводят в горизонтальное положение.

Исходным положением является установка теодолита в вершине измеряемого угла. По ходу съемки сзади и спереди теодолита над точками вешают отвесы. Вначале зрительную трубу наводят на задний отвес,

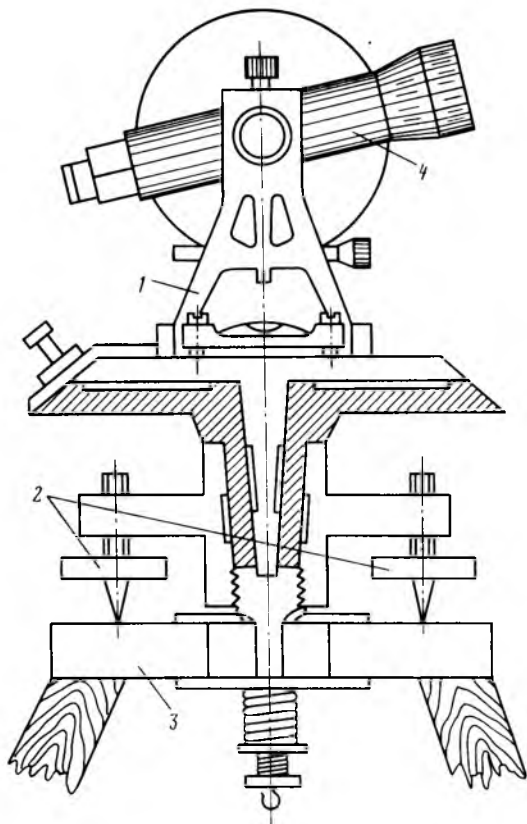


Рис. 40.1. Схема теодолита

затем на передний отвес и берут отсчет. Для большей точности угол измеряют повторно и берут среднее значение. Аналогично определяют вертикальные углы. Отличие состоит в том, что для определения вертикальных углов используется вертикальная шкала отсчетов (вертикальный лимб).

Для менее ответственных съемок, например для съемки линии очистного забоя, расположения печей, просеков, применяют более простые угломерные инструменты: угломер, угломер-тахеометр, подвесную буссоль и подвесной полукруг. В настоящее время для ориентирования сторон подземной маркшейдерской съемки и других работ в шахтах, опасных по газу и пыли, применяют маркшейдерскую гидробуссоль МВБ-4.

40.3. Понятие о нивелировании

Нивелированием называется определение высоты точек поверхности или горных выработок относительно условно выбранной горизонтальной плоскости. Нивелирование при подземных и открытых работах произво-

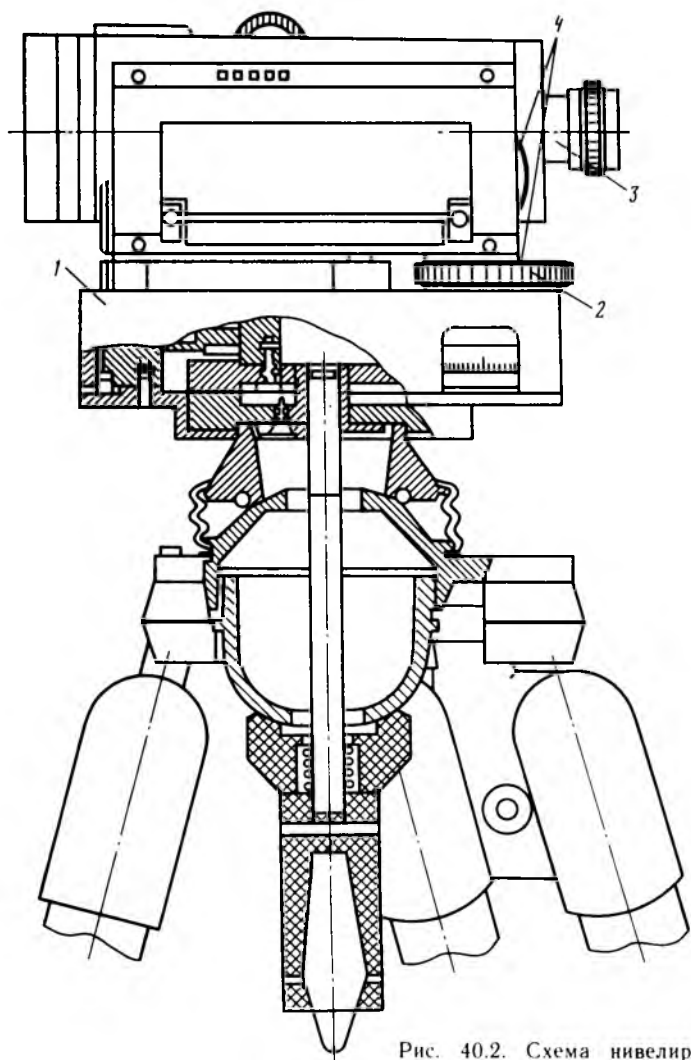
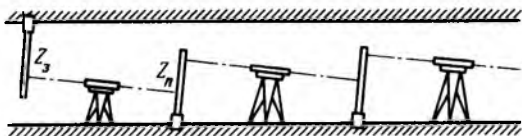


Рис. 40.2. Схема нивелира

дят для определения высотных отметок горных выработок и контроля уклона рельсовых путей, задания направления горным выработкам в вертикальной плоскости, изображения формы залегания полезного ископаемого. По методу выполнения различают нивелирование геометрическое, тригонометрическое, барометрическое и гидростатическое. В горном деле обычно применяют геометрическое и тригонометрическое нивелирование.

Геометрическое нивелирование производят в горизонтальных выработках и выработках с углами наклона не более $4-8^\circ$. Инструментами

Рис. 40.3. Схема нивелирования



для геометрического нивелирования служат нивелиры и рейки. В настоящее время для выполнения указанных работ выпускаются несколько типов нивелиров (Н-10КЛ, 2Н-10Л, Н-05).

Нивелир (рис. 40.2) состоит из двух основных частей: нижней неподвижной и верхней подвижной, которая может вращаться относительно нижней на 360° и наклоняться в вертикальной плоскости на угол $\pm 10'$. Нижняя часть 1 представляет собой подставку с тремя подъемными винтами 2 и пластинкой с втулкой, служащей для закрепления нивелира на штативе. В подставке закреплена вертикальная ось вращения нивелира.

В верхней части нивелира, представляющей собой полый корпус с основанием, расположены зрительная труба 3 с внутренней фокусировкой, уровень при трубе с системой призм, передающей изображения концов пузырька уровня в поле зрения трубы, система винтов 4 для наводки, фиксирования и подъема зрительной трубы, установочный уровень и оптический клин в оправе перед объективом зрительной трубы. Изображение отсчетной шкалы оптического микрометра передается в поле зрения зрительной трубы и наблюдается внизу поля зрения. Корпус верхней части предохраняет зрительную трубу от влияния неравномерного одностороннего нагрева. Особенность конструкции нивелира Н-05 — сведение в поле зрения трубы одновременно изображения концов пузырька уровня при трубе и шкалы оптического микрометра. Это повышает точность и производительность выполняемых работ.

В шахтах применяют нивелирование I и II класса. Нивелирование I класса применяют для постоянных точек II разряда — временных точек при съемке уклонов откаточных путей. Расположение нивелира и нивелирных реек во время работы показано на рис. 40.3. Нивелирные рейки бывают постоянной длины (1,5 м) и раздвижные (2—3 м). При каждом отдельном измерении в одной точке устанавливают нивелир и в соседних точках две рейки. Рейки либо ставят на репер в почве выработки, либо подвешивают к кровле. Превышение одной точки над другой определяется по разности отсчетов по рейкам:

$$\Delta Z = Z_3 - Z_n,$$

где Z_3 и Z_n — соответственно отсчеты по задней и передней рейкам.

Тригонометрическое нивелирование производится по отсчетам вертикального лимба теодолита. Обычно оно ведется одновременно с теодолитной съемкой. Расстояние между соседними пунктами измеряют стальной рулеткой. Превышение одного пункта над другим определяют по формуле

$$Z = L \sin \delta,$$

где L — расстояние между реперами, δ — угол наклона линии.

Для контроля нивелирование производят два раза — прямым и обратным ходом. Тригонометрическое нивелирование применяют в выработках с углом наклона более $4\text{--}8^\circ$ и корректируют по попутно встречающимся реперам геометрического нивелирования.

Барометрическое и гидростатическое нивелирование основаны на уменьшении атмосферного давления пропорционально высоте точки над уровнем моря с учетом температурных поправок. Эти виды нивелирования применяются при выполнении работ на дневной поверхности.

Вопросы для самоконтроля

1. Каковы основные маркшейдерские инструменты?
2. В чем состоит назначение теодолита и каковы его основные элементы?
3. Какие бывают виды нивелирования?
4. Из каких основных элементов состоит нивелир?

41. СОСТАВЛЕНИЕ И ЧТЕНИЕ МАРКШЕЙДЕРСКИХ ЧЕРТЕЖЕЙ

41.1. Понятие о масштабе

Отношение уменьшенных размеров на карте и плане к действительным называется *масштабом*. Масштабы делятся на численные, линейные и поперечные.

Численный масштаб показывает, во сколько раз размеры на чертеже уменьшены по сравнению с натуральными. Например, масштаб 1:1000 или $1/1000$ показывает, что размеры на чертеже уменьшены в тысячу раз по сравнению с натуральными.

Принятый масштаб, в котором составлен чертеж, проставляют в середине плана.

Линейный масштаб чертят на плане в виде прямой линии, разделенной на сантиметры или миллиметры, над которыми подписывают натуральные значения размеров линий.

Поперечный масштаб строят для более точных определений длин линий и более точного нанесения их на план.

В маркшейдерской практике приняты масштабы 1:200, 1:500, 1:1000, 1:2000 и 1:5000. Для специальных планов и разрезов применяются более крупные и более мелкие масштабы. Например, для расположения оборудования в сечении ствола может потребоваться чертеж в масштабе 1:10 или 1:25, а для плана расположения шахтных полей в контуре месторождения — 1:25 000, 1:50 000.

41.2. Ориентирование линий на местности

Направление линии определяется углом, который она образует с линией известного направления. Линиями известного направления на земном шаре служат меридианы и параллели. Направление линий принято

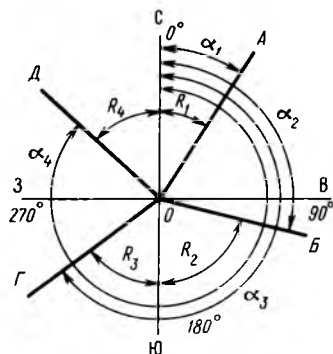


Рис. 41.1. Азимуты и румбы

определять углами между линиями и меридианами. Существуют два способа определения направления линий — по азимутам и по румбам.

Азимут называется угол, измеренный от северного направления меридиана по ходу часовой стрелки до направления линии. Углы отсчитывают от 0 до 360°. Пусть на рис. 41.1 мы имеем линии *ОА*, *ОБ*, *ОГ* и *ОД*, для которых требуется определить азимуты. Для линии *ОА* азимут α_1 равен примерно 30°, для линии *ОБ* азимут α_2 — 110°, для линии *ОГ* азимут α_3 — 230° и для линии *ОД* азимут α_4 — 310°.

Румбами называют углы меньше 90°, измеренные от северного или южного направления меридиана с указанием направления относительно стран света. Для изображенных на рис. 38.2 линий румбы отсчитываются и записываются следующим образом: для линии *ОА* румб $R_1 = 30^\circ$ СВ (тридцать градусов северо-восток), для линии *ОБ* румб $R_2 = 70^\circ$ ЮВ, для линии *ОГ* румб $R_3 = 50^\circ$ ЮЗ и для линии *ОД* румб $R_4 = 50^\circ$ СЗ.

Азимутами пользуются во всех точных съемках, а румбами — для работ, требующих меньшей точности.

41.3. Понятие о прямоугольной системе координат

Ранее было рассмотрено определение взаимного положения точек при помощи углов и линий. Этим способом в маркшейдерском деле пользуются при неотчетливых съемках, например при определении положения лавы. Для ответственных съемок применяется способ прямоугольных координат, при котором ось *Oy* ориентируют по параллели, а ось *Ox* — по меридиану. Начало координат *O* может быть условным или общегосударственным.

Способ координат имеет большие преимущества по сравнению с другими способами определения положения точек в пространстве. При этом способе каждая маркшейдерская точка имеет свои координаты, что дает возможность решать маркшейдерские задачи при проведении выработок встречными забоями, проведении выработок до определенного пункта и др.

Чтобы перенести какую-нибудь линию с плана на местность, поступают следующим образом. На плане выявляют наиболее характерную точку и принимают ее за начало координат. Относительно выбранной точки определяют координаты начала и конца линии. После этого на местности с помощью вешек обозначают оси координат, от которых в соответствии с принятым масштабом откладывают перпендикулярные отрезки. Точки пересечения перпендикулярных отрезков дадут места расположения точек начала и конца линии в натуре. Их соединяют с помощью шнура, колышков или неглубокой канавки.

Для удобства определения координат точек на плане на нем нанесена координатная сетка, с указанием расстояния каждой линии координатной сетки от точки начала координат. С этой же целью на местности, где предполагается выполнение маркшейдерских работ, устанавливаются базисная линия и несколько опорных точек отсчета — реперов с точно определенными координатами и высотными отметками. Металлические части реперов (марки) закрепляются на стенах каменных зданий или непосредственно в грунте путем бетонирования, каменной кладки и другими способами.

41.4. Изображение рельефа поверхности горизонталями

Во многих случаях необходимо изображать рельеф поверхности. На практике наиболее часто рельеф поверхности изображается горизонталями.

Горизонталью называется след пересечения рельефа местности воображаемой горизонтальной плоскостью на определенной высоте от уровня моря. В зависимости от назначения плана, его масштаба и рельефа местности горизонтали проводят через каждые 0,5; 1; 2; 5 и 10 м. Возможны и другие интервалы.

Горизонтали проводят, приняв горизонтальную плоскость на уровне моря за ± 0 . Горизонтали, находящиеся выше уровня моря, имеют положительные отметки, а ниже — отрицательные. При помощи горизонталей можно изобразить земную поверхность. План с горизонталями земной поверхности называется топографическим или тахеометрическим. Он составляется по данным топографической (тахеометрической) съемки местности, основным инструментом для производства которой является тахеометр.

Электронно-оптический тахеометр ТА-5 предназначен для измерения углов и расстояний при топографических съемках и в полигонометрических ходах. Тахеометр снабжен вычислителем, который позволяет определять и регистрировать на цифровом табло наклонные расстояния с учетом поправки на изменение окружающих условий, зенитные расстояния с учетом поправки к месту зенита, горизонтальные проложения расстояний, превышения, горизонтальные углы, приращения прямоугольных координат.

Тахеометрией называется раздел топографии, определяющий взаимное положение точек местности по высоте и в плане путем одновремен-

ного измерения горизонтальных и вертикальных углов, а также расстояний между точками.

Горизонталями можно изобразить также поверхность почвы пласта. План с горизонталями почвы пласта называется *гипсометрическим планом*, а характер расположения горизонталей — *гипсометрией пласта*.

41.5. Условные обозначения на топографических и маркшейдерских планах

На планах поверхности и маркшейдерских планах горных работ применяют условные обозначения. На планах поверхности используют обозначения, принятые для геодезических работ на всей территории страны.

Для маркшейдерских планов также существуют единые условные обозначения, обязательные для всех горных предприятий страны. Приведем некоторые из них. Координатная сетка вычерчивается тонкими сплошными линиями черной тушью. Пункты высотной и теодолитной съемок изображаются одной или двумя окружностями, вычерченными синей тушью. Горизонтالي рельефа вычерчиваются жженой сиеной, а изогипсы почвы или кровли пласта — синей тушью. Горные выработки, изображенные на плане двумя линиями и проведенные по породе, закрашивают светло-коричневой краской, а по углю — голубой и т. д.

Кроме того, существуют условные обозначения для различных объектов при составлении вентиляционных планов шахты, схем электроснабжения шахты, участка или отдельного забоя, планов развития рельсовых путей подземного транспорта и др.

41.6. Маркшейдерская документация и маркшейдерские планы

Маркшейдерские документы изготавливаются в три этапа. Первый, подготовительный этап включает изучение вопроса, места съемок, опорных точек привязки порядка и сроков выполнения работы и т. п.; второй этап состоит в проведении натурных измерений для получения исходных данных; третий этап объединяет камеральные работы по обработке исходных данных, вычерчиванию планов, схем, эскизов, т. е. предусматривает изготовление результирующей части маркшейдерской документации.

Результаты съемки в поле (в подземной выработке) записываются в специальный журнал полевых измерений. При необходимости в журнале вычерчивается от руки простейший чертеж местности (кроки) с краткими текстовыми пояснениями (легендой) или абрис — чертеж от руки с указанием результатов выполненных промеров.

Во время камеральной обработки проверяют правильность записей в таблицах измерений, расчетов, вводят необходимые поправки на температуру, компарирование, невязку и т. п. При обнаружении ошибок производят дополнительные измерения в поле.

По проверенным и уточненным значениям определяют координаты точек, по которым составляют топографический план или план горных

работ. План вычерчивается на маркшейдерском планшете. Планшеты и полевые журналы — документы строгой отчетности. Данные с планшето- в переносятся на кальку и оформляются как окончательный марк- шейдерский документ — оригинал плана. С оригинала на светочувстви- тельной бумаге печатается необходимое количество копий, которые ис- пользуются для непосредственной работы с ними.

На планах шахтной поверхности, составляемых в горизонталях, в масштабе 1:1000, 1:2000 или 1:5000 показываются жилые поселки, про- мышленные сооружения, лесные массивы, ручьи, реки, водоемы и другие объекты, представляющие интерес для нормальной работы шахты.

В масштабах 1:500 и 1:1000 составляется план основной промпло- щадки со всеми сооружениями технологического комплекса.

Планы горных работ составляются в основном в масштабе 1:2000, отдельных участков пласта в масштабе 1:1000. План основных вырабо- ток на горизонтах, сводный план горных работ на всех пластах шахтной свиты выполняются в масштабе 1:5000.

На географических картах север всегда в верхней части листа, а юг — в нижней. На планах ориентирование относительно частей света произво- дится с помощью нанесения линии «север—юг» на плане.

План горных работ, представляющий проекцию горных выработок на горизонтальную плоскость, содержит недостаточное количество инфор- мации, особенно при разработке наклонных и крутых пластов. В связи с этим составляются дополнительные планы, включающие:

проекцию горных выработок на вертикальную плоскость (при раз- работке крутых пластов);

планы в плоскости пласта;

планы основных выработок отдельно для откаточного и вентиля- ционного горизонтов, а также сводный план этих выработок;

планы расположения выработок в каждом слое мощного пласта и сводные планы по пласту в целом;

сводные планы горных выработок по всем пластам и горизонтам шахты;

гипсометрические планы пластов;

вертикальные разрезы вкрест простирания свиты пластов;

планы выработок околоствольного двора в масштабе 1:200 или 1:500;

планы поверхности с нанесением выходов пластов под наносы.

Кроме того, работниками маркшейдерской службы приходится состав- лять большое количество другой документации: продольные профили рельсовых путей; профиль стенок крепи вертикальных стволов; измерение объемов вынутого и оставшегося в недрах полезного ископаемого; объем вскрышных работ; замер объема угля на складах; разбивка на местности осей различных зданий, сооружений, фундаментов под обору- дование; планы вскрытия и подготовки выемочных участков; календарный план отработки запасов и т. п.

Копии планов горных работ используются для составления venti- ляционных планов, схем электроснабжения, схем прокладки различных трубопроводов в шахте.

41.7. Маркшейдерское обслуживание горных работ. Использование маркшейдерской документации при планировании работы шахты или разреза

Маркшейдер осуществляет систематический контроль за правильностью ведения горных работ и оказывает помощь производственным службам в осуществлении проектных параметров горных выработок и строящихся объектов шахты.

Периодичность этого контроля определяется Положением о маркшейдерской службе шахты, должностными служебными инструкциями участковых и главных маркшейдеров, фактическим ходом работ, а также просьбами исполнителей и распоряжениями администрации предприятия. Как правило, не реже одного раза в неделю маркшейдер должен посетить с проверкой закрепленные за ним горные выработки и строящиеся объекты.

В обязанности маркшейдера по обслуживанию и контролю рабочих мест входят:

- указание о точке засечки новой выработки и закрепление ее на месте;
- выдача начальнику участка эскиза на присечку выработок в месте сопряжения и инструктаж рабочих на месте по практическому осуществлению работ на сопряжении;

- закрепление на месте работ отвесов (не менее трех) направления выработки в плане, реперов для осуществления проектного профиля (направление в вертикальной плоскости) и инструктаж исполнителей по правилам пользования ими;

- разбивка на местности осей и контуров зданий, фундаментов и т. п.; составление акта и вручение исполнителям эскиза разбивки;

- производство недельных и месячных замеров произведенных работ на подконтрольных объектах с определением их соответствия проекту;

- пополнение планов горных работ на маркшейдерских планшетах, кальке основного плана и рабочих копиях его по результатам замеров на первое число каждого месяца; планы поверхности пополняются не реже одного раза в год;

- представление предложений по улучшению планирования и производства работ на подконтрольных участках и объектах;

- нанесение на рабочие планы горных работ своих предложений по величинам подвигания очистных и подготовительных забоев на планируемый период (месяц, квартал, год, пятилетка), предварительно согласованным с утвержденными плановыми заданиями по объемам добычи и проведения выработок.

Таким образом, маркшейдерские планы горных работ с нанесенной на них фактической обстановкой на начало планируемого периода и изменениями (предполагаемыми) нового плана являются непременной составной частью плановой документации на всех этапах планирования (разработки, рассмотрения, утверждения и исполнения).

При разработке планов горных работ учитывают следующие основные условия:

выполнение установленного проектом (другими директивными документами) календарного плана отработки запасов шахтного поля;
создание нормативных объемов вскрытых, подготовленных и готовых к выемке запасов;
обеспечение наиболее полной выемки имеющихся запасов;
расположение очистных и подготовительных выработок надлежащим образом, чтобы, с одной стороны, исключить подработку, а с другой — обеспечить подработку или надработку пластов, опасных по внезапным выбросам.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие бывают виды масштабов?
2. Какие существуют способы определения направлений линий и каковы области их применения?
3. В чем сущность способа прямоугольных координат для выполнения съемок?
4. В чем заключается назначение координатной сетки на плане и реперов на местности?
5. Каково определение горизонтали, используемой для изображения поверхности?
6. Каковы этапы изготовления маркшейдерских документов?
7. Какие масштабы применяются при выполнении планов горных работ?
8. В чем заключаются основные обязанности маркшейдера по обслуживанию подземных горных работ?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Евдокимов Ф. И., Стоев И. С. Технология и экономика сооружения вертикальных стволов шахт. М., Недра, 1981.
2. Заплавский Г. А., Лесных В. А. Технология подготовительных и очистных работ. М., Недра, 1989.
3. Килячков А. П., Брайцев А. В. Горное дело. М., Недра, 1990.
4. Краткий справочник горного инженера угольной шахты/Под ред. А. С. Бурчакова и Ф. Ф. Кузюкова. М., Недра, 1982.
5. Машины и оборудование для угольных шахт: Справочник/Под ред. В. Н. Хорина. М., Недра, 1987.
6. Правила безопасности в угольных и сланцевых шахтах. М., Недра, 1986.
7. Справочник механика угольной шахты/А. И. Пархоменко, В. И. Остапенко, И. М. Митько и др. М., Недра, 1985.
8. Технология обогащения углей: Справочное пособие. М., Недра, 1985.
9. Томаков П. И., Наумов И. К. Технология, механизация и организация открытых горных работ. М., Недра, 1986.

Предисловие	3
-----------------------	---

ЧАСТЬ I. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ ПО ГЕОЛОГИИ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

1. Условия и элементы залегания угольных пластов	4
2. Геологоразведочные работы. Запасы и потери полезного ископаемого	8

ЧАСТЬ II. ГОРНЫЕ РАБОТЫ. ПРОВЕДЕНИЕ И КРЕПЛЕНИЕ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

3. Горные выработки и свойства горных пород	12
4. Буровзрывные работы	20
5. Проведение и крепление горизонтальных и наклонных горных выработок	25
6. Проходка и углубка вертикальных стволов	48

ЧАСТЬ III. ВСКРЫТИЕ, ПОДГОТОВКА И СИСТЕМЫ РАЗРАБОТКИ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОДЗЕМНЫМ СПОСОБОМ. УПРАВЛЕНИЕ ГОРНЫМ ДАВЛЕНИЕМ

7. Вскрытие и подготовка шахтных полей	62
8. Системы разработки	71
9. Управление горным давлением	84
10. Гидромеханизированная добыча угля и подземная газификация	89

ЧАСТЬ IV. МЕХАНИЗАЦИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

11. Машины и комплексы для проведения горных выработок	96
12. Выемочные машины и комбайны	117
13. Средства крепления и управления кровлей в очистном забое	127
14. Очистные механизированные комплексы и агрегаты	142
15. Организация работ в очистных забоях	147

ЧАСТЬ V. ОТКРЫТАЯ РАЗРАБОТКА УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

16. Производственные процессы	154
17. Вскрытие, подготовка карьерных полей и системы разработки	165

ЧАСТЬ VI. РУДНИЧНЫЙ ТРАНСПОРТ

18. Основные задачи и виды подземного транспорта	170
19. Конвейерный транспорт	173
20. Рельсовые пути и шахтные вагонетки	185

21. Канатная откатка	190
22. Локомотивная откатка	193
23. Транспорт на погрузочных пунктах, в околоствольных дворах, пром- площадке шахты. Транспорт материалов и оборудования	199

ЧАСТЬ VII. ВЕНТИЛЯЦИЯ, ОСВЕЩЕНИЕ. ПОДЗЕМНЫЕ ПОЖАРЫ И ГОРНОСПАСАТЕЛЬНОЕ ДЕЛО

24. Рудничная атмосфера	205
25. Движение воздуха в горных выработках, вентиляционные устройства, проветривание выработок	213
26. Рудничное освещение. Подземные пожары и горноспасательное дело . .	222

ЧАСТЬ VIII. ОСНОВЫ ГОРНОЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

27. Особенности конструктивного исполнения рудничного электрообору- дования	230
28. Шахтная электроаппаратура и электрооборудование электровозной откатки	235
29. Электроснабжение шахты	243

ЧАСТЬ IX. ОСНОВЫ ГОРНОЙ МЕХАНИКИ

30. Основные сведения о турбомашинах	248
31. Шахтные вентиляторы и вентиляционные установки	253
32. Насосы и шахтные водоотливные установки	258
33. Шахтные пневматические установки	264
34. Шахтные подъемные установки. Шахтные подъемные машины и со- суды	270

ЧАСТЬ X. ОБОГАЩЕНИЕ УГЛЕЙ

35. Общие сведения об обогащении углей	279
36. Приемка, грохочение и дробление угля	283
37. Методы и средства обогащения углей	289
38. Брикетирование и коксование углей	298

ЧАСТЬ XI. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ ПО МАРКШЕЙДЕРСКОМУ ДЕЛУ

39. Основные задачи и функции маркшейдерской службы на шахте	302
40. Понятие об измерениях. Маркшейдерские инструменты	305
41. Составление и чтение маркшейдерских чертежей	310
Список литературы	317

УЧЕБНОЕ ИЗДАНИЕ
Ковальчук Александр Борисович

ГОРНОЕ ДЕЛО

Заведующий редакцией *Е. И. Кит*
Редакторы издательства *Г. Ф. Григорьев, Н. П. Шерстнев*
Технические редакторы *О. А. Колотвина, С. В. Павлова*
Корректор *Е. М. Федорова*

ИБ № 7999

Сдано в набор 30.10.90. Подписано в печать 16.05.91. Формат 60×88¹/₁₆. Бумага офсетная № 2. Гарнитура Литературная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 19,6. Усл. кр.-отт. 19,6. Уч.-изд. л. 21,09. Тираж 11 400 экз. Заказ 648/1970-1. Цена 95 коп.

Ордена «Знак Почета» издательство «Недра»
125047, Москва, Тверская застава, 3

Набрано в Ленинградской типографии № 2, головном предприятии ордена Трудового Красного Знамени Ленинградского объединения «Техническая книга» им. Евгении Соколовой Государственного комитета СССР по печати. 198052, г. Ленинград, Л-52, Измайловский пр., 29.

Отпечатано в Ленинградской типографии № 4 Государственного комитета СССР по печати. 191126, г. Ленинград, Социалистическая ул., 14.