



А.Б. Ефременков  
А.А. Казанцев  
М.Ю. Блащук

# ГОРНЫЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ



ВВЕДЕНИЕ В СПЕЦИАЛЬНОСТЬ • ЧАСТЬ 1

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ  
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования  
**«ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
**ЮРГИНСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ**

---

**А.Б. Ефременков, А.А. Казанцев, М.Ю. Блащук**

## **ГОРНЫЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ** **ВВЕДЕНИЕ В СПЕЦИАЛЬНОСТЬ**

### **ЧАСТЬ 1**

*Допущено Учебно-методическим объединением  
по образованию в области горного дела  
в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведе-  
ний, обучающихся по специальности 150402 «Горные машины и обору-  
дование» направления подготовки «Горное дело»*

**2-е издание**

Издательство  
Томского политехнического университета  
2009

УДК 622.3.05(075)  
ББК 33.1я73  
Е92

**Ефременков А.Б.**

E92      Горные машины и оборудование. Введение в специальность.  
Часть 1: учебное пособие / А.Б. Ефременков, А.А. Казанцев,  
М.Ю. Блащук. – Томск: Изд-во Томского политехнического  
университета, 2009. – 152 с.

В первой части пособия освещены общие вопросы об угольной и горнорудной промышленности. Приводятся краткие сведения о технологии горных работ при подземном и открытом способе добычи полезных ископаемых. Рассматриваются виды применяемого оборудования и транспортных средств при подземном способе добычи.

Предназначено для студентов горных специальностей.

**УДК 622.3.05(075)**  
**ББК 33.1я73**

*Рецензенты*

Доктор технических наук, профессор КузГТУ  
*Г.Д. Буялич*

Главный конструктор-начальник ОКБ  
ООО «Юргинский машзавод»,  
Лауреат премии правительства РФ в области науки и техники  
*А.П. Усольцев*

**ISBN 978-5-98298-537-8**

© Ефременков А.Б., Казанцев А.А., Блащук М.Ю., 2008  
© Юргинский технологический институт (филиал)  
Томский политехнический университет, 2008  
© Оформление. Издательство Томского  
политехнического университета, 2009

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b>	5
<b>ГЛАВА 1. Общие сведения об угольной и горнорудной промышленности</b>	6
1.1. Общие сведения об истории угольной и горнорудной промышленности	6
1.2. Общие сведения о строении и химическом составе земли	9
1.3. Горное производство и горные предприятия	12
1.4. Общие сведения о горных породах и полезных ископаемых	13
1.5. Разработка месторождений полезных ископаемых	20
1.6. Общие понятия о геофизических методах разведки	22
1.7. Состояние и перспективы добычи полезных ископаемых	24
<b>ГЛАВА 2. Технология добычи полезных ископаемых подземным способом</b>	26
2.1. Общие сведения	26
2.2. Основные положения при подземном способе добычи	26
2.3. Технология добычи угля на шахтах	28
2.3.1. Горные выработки и их назначение	30
2.3.2. Вскрытие и подготовка шахтного поля	34
2.3.3. Системы разработки	37
2.3.4. Технология очистных работ	40
2.3.4.1. Выемка угля	40
2.3.4.2. Доставка угля	43
2.3.5. Горное давление в очистном забое	44
2.3.6. Крепь очистных выработок	46
2.3.6.1. Призабойная крепь	48
2.3.6.2. Посадочная крепь	51
2.3.6.3. Механизированные крепи	53
2.3.6.4. Щитовые перекрытия	56
2.4. Технология горных работ на рудниках	56
2.4.1. Потери и разубоживание руды	57
2.4.2. Вскрытие и подготовка рудных месторождений	57
2.4.3. Основные производственные процессы	58
2.4.3.1. Способы отбойки руды	59
2.4.3.2. Вторичное дробление руды	61
2.4.3.3. Системы разработки рудных месторождений	62
<b>ГЛАВА 3. Технология добычи полезных ископаемых открытым способом</b>	66
3.1. Общие сведения	66
3.2. Условия залегания месторождений, разрабатываемых от-	

крытым способом	67
3.3. Основные элементы открытых горных работ	68
3.4. Главные параметры карьера	70
3.4.1. Границы открытых разработок (предельная глубина).	70
3.4.2. Виды коэффициента вскрыши	71
3.5. Производительность карьера	74
3.6. Классификация систем открытой разработки	75
3.6.1. Бестранспортные системы разработки	75
3.6.2. Транспортные системы разработки	77
3.6.3. Комбинированные системы разработки	77
3.7. Основные производственные процессы	80
3.7.1. Подготовка горных пород к выемке	80
3.7.2. Выемочно-погрузочные работы	83
3.8. Прочие способы добычи полезных ископаемых	90
<b>ГЛАВА 4. Горные машины и комплексы, применяемые при подземном способе добычи полезных ископаемых</b>	91
4.1. Общие сведения	91
4.2. Бурильные машины и установки и буровой инструмент	91
4.3. Проходческие и проходческо-добычные комбайны и комплексы	103
4.4. Очистные комбайны	112
4.5. Струговые установки	118
4.6. Концевые операции в лаве	122
4.6.1. Состав концевых операций	122
4.6.2. Варианты выполнения концевых операций комбайном	122
4.7. Конвейеры	124
4.7.1. Скребковые конвейеры	131
4.7.2. Ленточные конвейеры	136
4.8. Погрузочные, буропогрузочные и погружечно-доставочные машины	142
4.8.1. Общие сведения	142
4.8.2. Погрузка породы ковшовыми погрузочными машинами	143
4.8.3. Погрузка породы машинами непрерывного действия	146
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b>	149
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ</b>	150

## **ВВЕДЕНИЕ**

Горное дело относится к одному из основных видов человеческой деятельности, обеспечивающих существование и уровень развития цивилизации, дисциплина «Введение в специальность» является одной из первых дисциплин, формирующих профиль подготовки инженера по направлению «Горные машины и оборудование». Задачей ее изучения является получение знаний об основных принципах добычи различных ископаемых подземным, открытым, геотехнологическим и другими способами.

Горная промышленность характеризуется большими масштабами добычи самых разных видов полезных ископаемых. Сегодня по всему миру построены мощные шахты и рудники, карьеры и разрезы, приски и обогатительные фабрики, оснащенные современными машинами и комплексами, проектирование, создание и эксплуатацию которых обеспечивают горные инженеры-механики. Специалисты данного профиля должны иметь соответствующую подготовку, специальные технические знания и навыки и призваны творчески мыслить и решать многочисленные и нередко очень сложные вопросы механизации и автоматизации горных работ.

В связи с вышеизложенным очень важное значение имеет изучение в первом семестре курса «Введение в специальность». Изучение данной дисциплины вводит поступивших в ВУЗ студентов в мир их будущих учебных, научных и производственных задач.

## **ГЛАВА 1. Общие сведения об угольной и горнорудной промышленности**

### **1.1. Общие сведения об истории угольной и горнорудной промышленности**

Горная наука изучает процессы, происходящие в недрах Земли при разработке полезных ископаемых, с целью изыскания методов управления ими и создания научных основ совершенствования технологии добычи полезных ископаемых для повышения производительности и безопасности труда. Горная наука тесно связана с фундаментальными науками и использует их достижения для исследования природных явлений при разработке месторождений и создании новой техники. На основе ученых исследований осуществляется проектирование горных машин, оборудования, приборов, разрабатывается технология добычи полезных ископаемых, их переработки и обогащения. Всему этому предшествовал длинный путь развития горной науки.

Основоположником отечественной горной науки является М.В. Ломоносов. Началом его научной деятельности связано с горным делом. Так, его диссертация «О вольном движении воздуха в рудниках примеченнем», представленная в 1745 г. на звание профессора, была посвящена вопросам естественного проветривания рудников и шахт. Своим основным научным трудом «Первые основания металлургии или рудных дел» М.В. Ломоносов заложил основы отечественной науки о добычи полезных ископаемых.

Долгие годы горное дело считалось искусством и передавалось из поколения в поколение. Даже после того, как в некоторых странах были созданы горные учебные заведения (Фрайбергская горная академия в Германии, Петербургская в России) горное дело еще много лет оставалось искусством.

Однако, уже в XIX веке запросы производства в энергетическом и химическом сырье потребовали дальнейшего усиления развития горного производства. В связи с усложнением горнотехнических условий, дальнейшее развитие горной техники и технологии стало возможным только на широкой научной основе. Все это вызвало необходимость создания горных научных школ, открытия новых научных направлений.

Реально, развитие горной науки как таковой началось с изучения физико-механических свойств горных пород и их изменений с увеличением глубины горных работ (рост горного давления). Большая заслуга в исследованиях физико-механических свойств горных пород принадлежит проф. М.М. Протодьяконову. Им были разработаны ряд методик

определения физико-механических характеристик горных пород, создана шкала крепости горных пород.

В ХХ веке начали развиваться сначала аналитические (проф. В.Д. Слюсарев), а затем и экспериментальные способы изучения горного давления, разрабатываются приборы и аппаратура для измерения горного давления непосредственно в массиве горных пород (струнные датчики, тензометрические и гидравлические датчики и т.п.). В это время создаются научные школы:

- в области разработки месторождений открытым способом под руководством акад. Н.В. Мельникова;
- в области технологии и механизации производственных процессов,
- под руководством акад. А.М. Тернигориева;
- в области рудничной аэробиологии, под руководством акад. А.А. Сокчинского;
- в области горной механики, под руководством член-корр. АН А.В. Докукина;
- в области механики горных пород и науки о физико-механических свойствах горных пород (проф. Б.В. Бокий, М.М. Протодьяконов, В.Д. Слюсарев).

Существенное влияние на развитие горного дела оказало создание в конце прошлого века врубовых машин, положившее начало механизации горных работ и техническому прогрессу в технологии добычи угля. В 30-е годы уходящего века был создан очистной комбайн, а в 50-е годы – механизированный очистной комплекс.

Технология добычи угля не могла развиваться без опережающего развития горно-проходческой технологии и механизации горнопроходческих работ и работ по жизнеобеспечению горнодобывающих предприятий. В этот период создаются новые буровые молотки и установки, буропогрузочные машины, проходческие комбайны, совершенствуются существующие и разрабатываются новые крепи капитальных и подготовительных выработок, разрабатываются мощные подъемные установки, средства подземного транспорта и водоотлива.

С увеличением глубины горных работ, протяженности горных выработок, увеличением температуры горных пород возникли проблемы создания комфортных и безопасных условий труда шахтеров. Для решения этих проблем начинает развиваться аэробиология, кондиционирование, создаются мощные вентиляторы общего и местного проветривания, холодильные установки (общешахтные и местные, подземные и поверхностные).

История учит, что развитие прикладных наук особенно заметно в те периоды, когда возникают противоречие между потребностью общества и возможностью производства. Красноречивым подтверждением сказанному могут служить отдельные этапы развития горной науки.

В связи с увеличением горного давления при отработке глубоких горизонтов, возникла необходимость разработки способов охраны горных выработок (тампонирование закрепного пространства, проведение выработок под защитой ранее отработанного угольного пласта и др.)

Для проведения выработок в условиях больших водопритоков были созданы специальные способы проходки горных выработок (замораживание пород, тампонаж пород и закрепного пространства, водопонижение и др.).

Особенно большие трудности возникли при проведении горных выработок по выбросоопасным угольным пластам и породам. Для решения этой проблемы в научном плане была создана межведомственная комиссия по борьбе с выбросами угля, породы и газа, которую возглавил академик А.А. Скочинский. В дальнейшем в решении этой проблемы принимали участие многие видные ученые: академики С.А. Христианович, В.В.Ржевский, Н.С. Поляков, член-корр. А.В. Докукин, проф. В.И.Николин и др. В настоящее время разработана теория выбросов угля, породы и газа, созданы методы прогноза выбросоопасности и борьбы с выбросами. Внедрение разработанных противовыбросовых мероприятий в свою очередь потребовало совершенствования горных работ, модернизации и создания нового добычного и горно-проходческого оборудования (проведение выработок комбайнами с образованием разгрузочных полостей, образование разгрузочных щелей по длине лавы, создание бурильной установки УШ-1, комбайнов 4-4ПП-2Щ, К-80Щ УГВ-1 и др.).

Точную дату начала применения угля человеком установить невозможно, однако известно, что еще во времена Аристотеля упоминалось название «горючие камни». В течение нескольких последних столетий уголь был практически единственным энергоносителем в мире. Уголь крайне необходим для нормальной жизни человечества – примерно 60% мировой добычи угля расходуется для выработки электроэнергии, коксохимические и металлургические производства расходуют 25%, коммунально-бытовое и другие сектора промышленности расходуют около 15%. Так вот в конце XX столетия ежегодное потребление угля в мире превысило 4 млрд. т. Различают несколько видов угля: бурый уголь, каменный уголь, антрацит.

Россия располагает всеми видами угля и при этом на Россию приходится примерно 40% мировых запасов бурого и 9,8% каменного угля.

Доля угля в топливно-энергетическом балансе РФ составляет 12–14%, в производстве тепло- и электроэнергии 24–28%. Ежегодные поставки угля энергетикам составляют от 100 до 120 млн. тонн, коксохимикам и металлургам 32–38 млн. т., причем потребности с каждым годом возрастают. По некоторым оценкам угля осталось на ближайшие 40 лет, но это спорный вопрос.

**Основные угольные бассейны России.** Основные угольные бассейны страны расположены в европейской части и районах Урала (9,1%), Западной и Восточной Сибири (73% и 7,6% соответственно), на Дальнем Востоке и Северо-Востоке (10,3%).

В европейской части располагаются Подмосковный и Печорский угольные бассейны. В пределах Урала расположены Кизеловский, Челябинский, и Южно-уральский бассейны, месторождения Свердловской области и Северо-Сосьвинский угленосный район (полностью не изучен).

В Западной Сибири разрабатывается Кузнецкий каменноугольный бассейн.

В Восточной Сибири – угольные бассейны Красноярского края, Иркутской области; в республике Саха – Южно-якутский бассейн.

На Северо-Востоке страны – месторождения Магаданской и Камчатской областей.

На дальнем Востоке – ресурсы Хабаровского, Приморского краев, Амурской области и о. Сахалин.

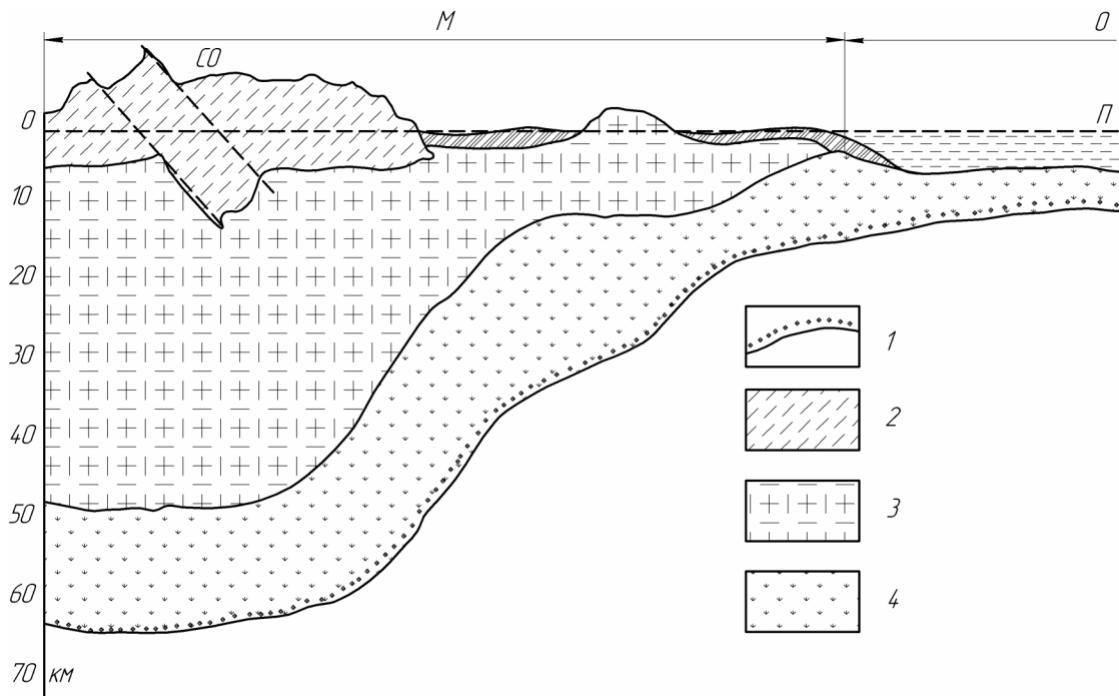
Открытая разработка угля в России началась в 20-е годы XX века. Экономическая эффективность при открытой добыче угля в 2–2,5 раза выше, чем при подземной (шахтной) добыче, что достигается за счет применения мощного добывчного и транспортного оборудования и способствует более полной выемке полезного ископаемого. Открытая разработка выгодна при глубине карьера до 600 м, более глубокая уже приравнивается к подземной.

## **1.2. Общие сведения о строении и химическом составе земли**

Планета Земля представляет собой тело сферической формы – геоид и состоит из геосфер (концентрических оболочек-слоев, образующих Землю): магнитосфера, атмосфера, гидросфера, земной коры – литосфера, астеносфера, мантии (верхней, средней и нижней) и ядра (внешнего и внутреннего).

За пределами атмосферы Земля окружена слоем ионизированного газа – ионосферой, а далее, вплоть до физического вакуума космоса, простирается слой ее собственного электромагнитного поля. Атмосфера

состоит из азота, кислорода, аргона, углекислого газа, гелия, неона, ксенона криптона, водорода, озона, аммиака, водяных паров и прочих газовых включений. Большую часть объема атмосферы составляют азот (78,09%) и кислород (20,95%). Литосфера – это твердый внешний слой Земли толщиной в среднем 25–80 км под континентами и 10–15 км под океанами. За пределами литосферы в направлении к центру Земли располагается мантия и далее ядро. Границы перехода литосферы в мантию впервые были установлены югославским геофизиком А. Мохоровичем в 1909 г.



*Рис. 1.1. Схема строения земной коры: М – материковый тип; О – океанический тип; СО – складчатая оболочка; П – платформа; 1 – граница Мохоровича; 2 – осадочная оболочка; 3 – гранитовая оболочка; 4 – базальтовая оболочка*

Исследования недр планеты ведутся с использованием различных методов и средств; наибольшие успехи достигнуты при использовании сейсмических методов, основанных на исследовании характера и скорости распространения сейсмических волн, полученных в результате землетрясений или при помощи проведения специальных взрывов. Однако полной ясности о химическом составе и физическом состоянии вещества планеты и некоторых других явлениях в настоящее время не имеется, в связи с проблемой проникновения сквозь толщи земных недр в район мантии и далее к центру Земли. Это связано прежде всего с высокой плотностью вещества земной коры  $2,65\text{--}3,3 \text{ г}/\text{см}^3$ , которая достигает в нижней части мантии,  $6\text{--}9 \text{ г}/\text{см}^3$ ; увеличивается также температура недр в среднем на  $1^\circ \text{ С}$  через каждые 33 м.

Более полное представление по сравнению с глубинными слоями имеется о земной коре – литосфере. Земная кора неравномерна по своей толщине и имеет сложное строение в различных областях поверхности планеты (рис. 1). Установлено, что земная кора существенно отличается по своему строению в районе океанов и материков; она подразделяется на кору материковую, океаническую и кору переходных областей. Материковая кора – это совокупность трех взаимно связанных оболочек. Верхняя – осадочная оболочка породы, образованная из различных осадков на дне водоемов; средняя оболочка сложена в основном граниами, нижняя – базальтами.

Химический состав земной коры характеризуется следующим распределением элементов, %:

кислород	46,60	хром	0,0200
кремний	27,72	ванадий	0,0150
алюминий	8,13	цинк	0,0132
железо	5,00	никель	0,0160
кальций	3,63	медь	0,0070
магний	2,09	вольфрам	0,0069
титан	0,44	литий	0,0065
фосфор	0,118	азот	0,00463
марганец	0,100	церий	0,00461
фтор	0,06-0,09	олово	0,00400
сера	0,0520	иттрий	0,0020
углерод	0,0320	ниобий	0,0024
хлор	0,0314	неодим	0,00239
рубидий	0,0310	кобальт	0,0023
стронций	0,0300	свинец	0,00160
барий	0,0250	галлий	0,00150
цирконий	0,0220	торий	0,00115

Менее 0,001% молибден, германий, цезий, самарий, гадолиний, бериллий, празеодим, мышьяк, скандий, гафний, диспрозий, уран, таллий, бор, иттербий, эрбий, tantal, бром, гольмий, сурьма.

Менее 0,0001 %: тербий, лютей, ртуть, йод, тулий, висмут, кадмий, серебро, индий.

Менее 0,00001%: селен, аргон, палладий.

Менее 0,000001 %: платина, золото, гелий, теллур, ради, рений,

Менее 0,00000001%: неон, криптон, ксенон (рутений), осмий (количество неизвестно), водород (данные по анализу пород непостоянны).

Менее 0,000000001%: ради, протактиний, актиний, полоний, радион.

Нептуний, плутоний, технеций и прометий обнаружены в чрезмерно малых количествах в урановых рудах, образовались под действием нейтронов.

Астанин и франций обнаружены в чрезвычайно малых количествах, образовались в результате радиоактивного распада.

### **1.3. Горное производство и горные предприятия**

**Полезным ископаемым** называется всякое минеральное вещество, находящееся в земной коре, которое может быть использовано человеком, для различных целей в естественном виде или после предварительной обработки. В природе полезные ископаемые могут встречаться в твердом виде (каменный уголь, различные руды, драгоценные камни, каменная соль и пр.), жидким (нефть, вода, рассолы) и газообразном (природные газы).

**Пустой породой** называются горные породы, вмещающие полезное ископаемое или заключенные в толще полезного ископаемого в виде прослойков, прожилков и т.д.

Деление горных пород на полезное ископаемое и пустые породы до некоторой степени относительно: при некоторых условиях одна и та же горная порода может быть полезным ископаемым или пустой породой. Так, например, при пересечении горными выработками, предназначенными для добычи каменного угля, известняка, последний является пустой породой. В случае же добывания известняка со специальной целью, например для выжига извести, он является полезным ископаемым.

Под добычей полезного ископаемого понимают извлечение их из земной коры или гидросферы. Существуют следующие способы добычи полезных ископаемых: подземный, открытый, комбинированный, со дна водоемов (озер, морей и океанов), геотехнологический и скважинный.

**Горное предприятие** – самостоятельная производственная единица, осуществляющая разведку, добычу и обогащение полезных ископаемых.

**Обогащение** – повышение качества добытого полезного ископаемого. С этой целью строят обогатительную фабрику как для одной, так и для группы шахт. Горное предприятие, осуществляющее добычу и первичное обогащение полезных ископаемых, называется горнодобывающим.

Существуют следующие виды горнодобывающих предприятий: шахта, рудник, карьер (разрез), прииск, промысел.

**Шахта** – горное предприятие, предназначенное для добычи полезных ископаемых подземным способом.

**Рудник** – горное предприятие, служащее в основном для подземной добычи руд, горно-химического сырья и строительных материалов. Этим понятием иногда пользуются для обозначения нескольких шахт

(карьеров), объединенных в единую административно-хозяйственную единицу.

**Карьер** – горное предприятие, осуществляющее добычу полезных ископаемых открытым способом.

**Разрез** – карьер по добыче угля.

**Прииск** – горное предприятие, по добыче россыпных месторождений драгоценных металлов (например, золотой прииск).

**Промысел** – горное предприятие по добыче жидких и газообразных полезных ископаемых (например, нефтяной промысел).

#### **1.4. Общие сведения о горных породах и полезных ископаемых**

Горные породы наружной твердой части земной коры (литосфера) разделяются на коренные породы и наносы.

**Наносы** образовались в результате разрушения коренных пород, отдельные части которых после этого либо оставались на месте, либо переносились поверхностными водами, ветром или льдом (горные ледники) на то или иное расстояние и откладывались, образуя, в конце концов, более или менее рыхлые породы.

Толщина (мощность) наносов может достигать 100 м и более. На некоторых участках земной коры они вообще отсутствуют (скалы, горы и др.).

**Коренными породами** называются такие, которые залегают на месте своего образования и не подверглись разрушению.

По своему происхождению коренные породы разделяются на: изверженные, осадочные и метаморфические.

**Изверженные или магматические горные породы** – породы, образовавшиеся в результате охлаждения и затвердевания магмы (гранит, сиенит, диорит, базальт).

**Осадочные породы** образовались в результате разрушения земной коры (песок, глина, глинистые сланцы, известняк).

**Метаморфические породы** образовались из изверженных или осадочных пород под воздействием высоких температур и давления в земной коре, которым они подвергались при горнообразовательных процессах (мрамор, гнейс, кристаллический гнейс).

Месторождением полезного ископаемого называется естественное скопление полезного ископаемого в земной коре, занимающее в ней определенный объем.

Месторождения важнейших полезных ископаемых, исходя из основных отраслей промышленного потребления, группируют следующим образом:

1. Топливно-энергетическое сырье – нефть, газ, уголь, уран.

2. Черные, легирующие и тугоплавкие металлы – руды железа, марганца, хрома, титана, ванадия, никеля, кобальта, вольфрама, молибдена, ниobia, tantalа, циркония.
3. Цветные металлы – руды алюминия, меди, свинца, цинка, олова, висмута, ртути, сурьмы.
4. Благородные металлы – золото, серебро, платиноиды.
5. Химическое и агрономическое сырье – калийные соли, фосфориты, апатиты, сера, плавиковый шпат.
6. Техническое сырье – алмазы, асбест, графит, пьезокварц, оптический флюорит, исландский шпат, мусковит, флогопит.
7. Флюсы и огнеупоры – кальцит (известняк), доломит, магнезит, кварц и кварцит, огнеупорные глины.
8. Строительные материалы – цементное сырье.

Некоторые виды минерального сырья могут быть отнесены к нескольким группам.

В зависимости от происхождения различают **коренные месторождения**, залегающие на месте своего образования и не подвергающиеся разрушению, и **россыпи**, являющиеся продуктом разрушения коренных месторождений под действием воды или атмосферы.

Россыпи представляют собой рыхлые песчано-глинистые, песчано-галечные и тому подобные образования, содержащие какой-либо ценный металл или минерал, например золото, платину, оловянный камень и т. п.

По способу образования различают россыпи неперемещённые, или элювиальные, и перемещенные или аллювиальные. В первом случае продукты выветривания горных пород остались на месте своего образования, а во втором – перемещены водой или ветром на большее или меньшее расстояние. Россыпи обычно залегают в виде пластообразных залежей на коренных породах и покрыты наносами, называемыми торфами. Подстилающие россыпь породы носят название постели или плотика.

Независимо от происхождения и использования, исходя лишь из формы залегания, месторождения полезных ископаемых могут быть разделены на правильные и неправильные. К первым относятся пласти, пластообразные залежи и жилы (простые и сложные). Ко вторым – штоки, гнезда и линзы.

## ПЛАСТЫ

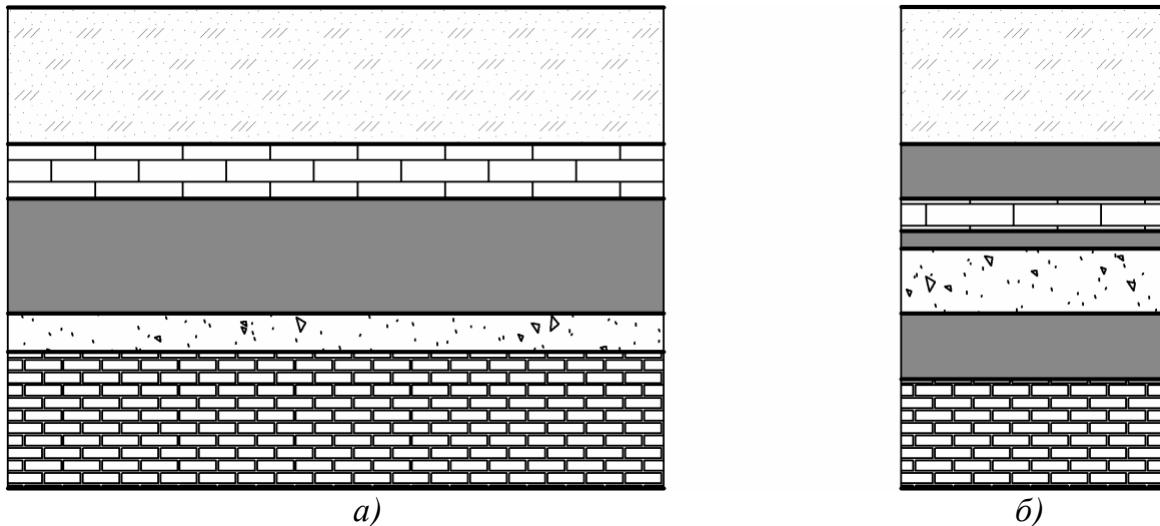


Рис. 1.2. Пласти: а) пласт простого строения, б) пласт сложного строения

**Пластом** называют такую форму залегания горных пород, при которой породы ограничиваются двумя более или менее параллельными плоскостями и имеют значительное распространение по площади при сравнительно небольшой толщине. Такая форма залегания присуща осадочным породам.

Плоскости соприкосновения пластов отдельных пород называют плоскостями напластования. Пласти полезного ископаемого по строению могут быть совершенно однородны или разбиты на отдельные слои или пачки. В последнем случае плоскости соприкосновения отдельных слоев называют плоскостями наслоения.

Весьма тонкие пласти полезного ископаемого, не разрабатывающиеся обычно вследствие малой, толщины, носят название **пропластков**.

Тонкие же слои пустой породы, заключенные в пласте полезного ископаемого, называют **прослойками**.

Прилегающие к пласту породы носят название **боковых** или **вмещающих** пород. Породу, лежащую под угольным пластом (подстилающую пласт) называют почвой пласта, над пластом (покрывающую пласт) – кровлей. На крутых пластах почву называют лежачим, а кровлю – висячим боком.

Если непосредственно над пластом угля залегает слой породы, не значительной мощности, то такую кровлю называют ложной, она обычно легко обрушается. Аналогично тонкий слой породы, залегающий в почве разрабатываемого пласта, называют ложной почвой. При крутом падении пластов во время их разработки ложная почва может легко, сползать. Как всякое тело, пласт имеет три измерения: длину, ширину и высоту, которые носят специальные названия.

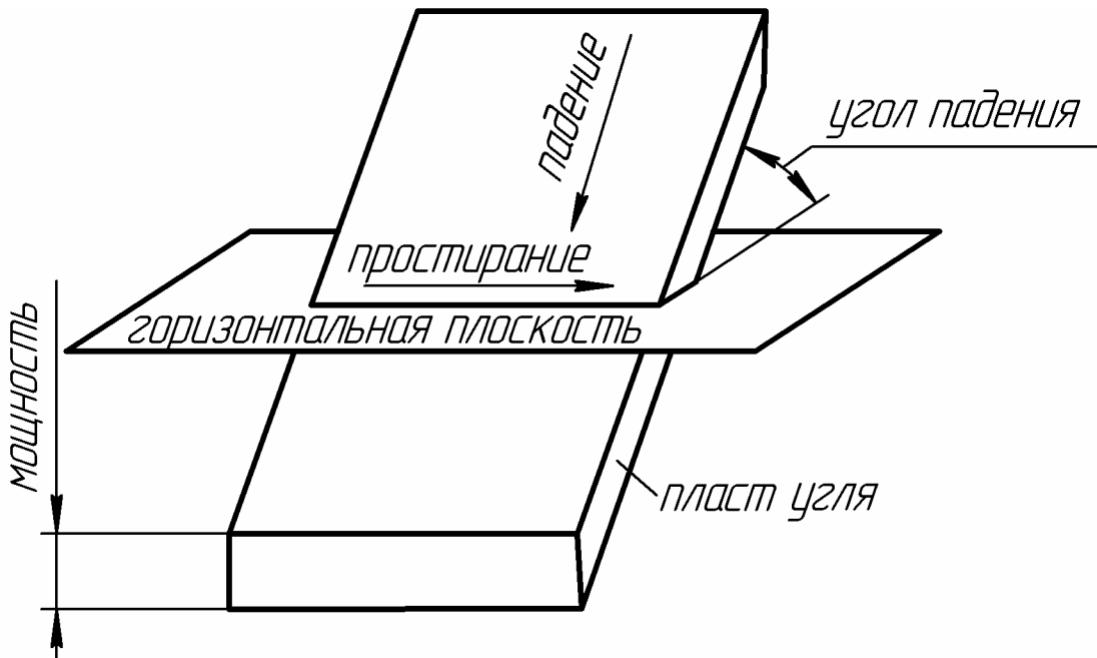


Рис. 1.3. Элементы залегания пласта

**Простирание** – линия пересечения пласта с горизонтальной плоскостью (протяжение пласта в длину). Линия, перпендикулярная простиранию и лежащая в плоскости пласта называется линией падения. Угол, образованный линией падения пласта и горизонтальной плоскостью – **угол падения**.

По углу падения пласти делят на три группы:

- 1) пологие, или пологопадающие, с углом падения от  $0^\circ$  до  $25^\circ$ ;
- 2) наклонные – от  $25^\circ$  до  $45^\circ$ ;
- 3) крутые, или крутопадающие – от  $45^\circ$  до  $90^\circ$ .

При горизонтальном залегании пластов понятие простирания и падения имеет чисто условный характер.

**Мощностью** пласта называют расстояние между кровлей и почвой по нормали.

**Полной мощностью** пласта называют расстояние от почвы до кровли пласта, включая и находящиеся в нем прослойки пустой породы.

**Полезной мощностью** называют мощность пласта за вычетом всех прослойков пустой породы, находящихся в данном пласте.

Иногда пласт вынимают не на всю мощность, часть его оставляют. В таком случае мощность пласта, соответствующую вынимаемой его части (включая и прослойки), называют полной вынимаемой (рабочей) мощностью. Полную вынимаемую мощность за вычетом мощности включенных в нее прослойков называют полезной вынимаемой мощностью.

По мощности пластиы обычно разделяют на пять групп:

- 1) весьма тонкие – мощностью до 0,5м;
- 2) тонкие – от 0,5 до 0,8 м;
- 3) маломощные – от 0,8 до 1,5 м;
- 4) средней мощности – от 1,5 до 3,5 м;
- 5) мощные от 3,5 м и более.

Весьма тонкие пластиы угля почти не разрабатываются вследствие невозможности ведения работ в них без подработки боковых пород и получающейся в связи с этим высокой стоимостью полезного ископаемого.

Минимальная мощность пласта, при которой он может рентабельно разрабатываться, зависит от ряда причин (угла падения, свойств кровли и почвы, наличия и характера прослойков, качества угля, средств механизации и др.). Для разных бассейнов она обычно бывает различной.

Часть пласта, выходящая на земную поверхность или находящаяся неглубоко от нее под наносами, называется **выходом пласта**. Пластиы угля на выходах обычно являются нерабочими вследствие выветривания угля.

Если пластиы залегают в земной коре параллельно друг другу, говорят, что они залегают **согласно**, в противном случае – **несогласно**.

Несколько согласно залегающих пластов одного и того же полезного ископаемого, заключенных в определенной толще пород, составляют **свиту пластов**.

**Пластообразной залежью** называется форма залегания горных пород, аналогичная пласту, но имеющая в отличие от него ограниченное протяжение по простирианию и падению

Все пластиы в период своего образования залегали более или менее горизонтально, но затем под действием процессов, происходивших в земной коре, могли собираться в складки и быть повернуты в любое наклонное положение от 0 до 90° и даже опрокинуты, т. е. приведены в такое положение, при котором породы, образовавшиеся ранее, могли оказаться залегающими выше пород более позднего происхождения.

Нарушения нормального залегания пластов называют **дислокациями**. Дислокации без разрыва сплошности земной коры называют **пликативными**, а с разрывом – **дизъюнктивными**.

В последнем случае возможно перекрещение одной части пластов по отношению к другой. В случае перемещения их в горизонтальном направлении нарушение носит название сдвига, если же породы сместились в вертикальном направлении – сброса или взброса в зависи-

ности от расположения в зоне смещенных пород висячего крыла – ниже или выше соответствующих пород лежачего крыла.

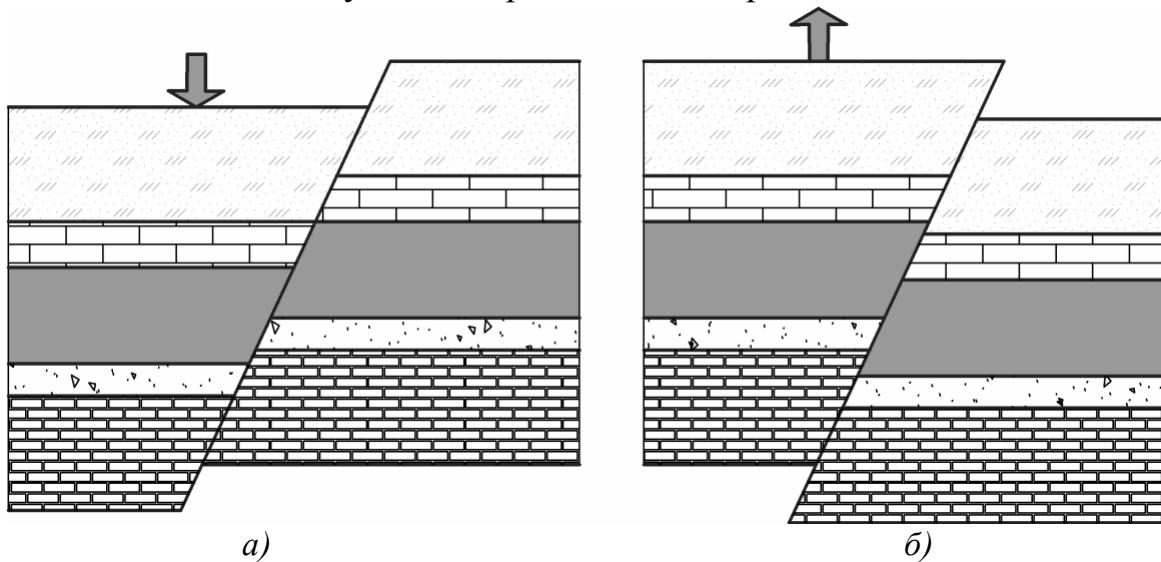


Рис. 1.4. Нарушения пластов: а) сброс, б) взброс

**Сброс** – перемещение пород кровли пласта вниз по линии разрыва.

**Взброс** – перемещение пород кровли вверх.

**Сдвиг** – разрывное нарушение сопровождающиеся горизонтальным или близким к нему перемещением двух частей пласта.

**Складчатость** – одна или несколько складок, образованных пластами и вмещающими их породами в результате происходящих в земной коре процессов.

Складка своим изгибом может быть обращена вверх или вниз. В первом случае она носит название **антиклиналь**, во втором – **синклиналь**. Линия перегиба пластов в складке называется **осью складки**, а боковые части ее – **крыльями**.



Рис. 1.5. Складчатость

Кроме указанных нарушений, происходивших после образования пород и захватывающих значительную их толщу, возможны нарушения, распространяющиеся лишь в пределах одного пласта и относящиеся к

периоду его образования. К таким нарушениям следует отнести утонение, выклинивание и вздутие пласта.

## ЖИЛЫ

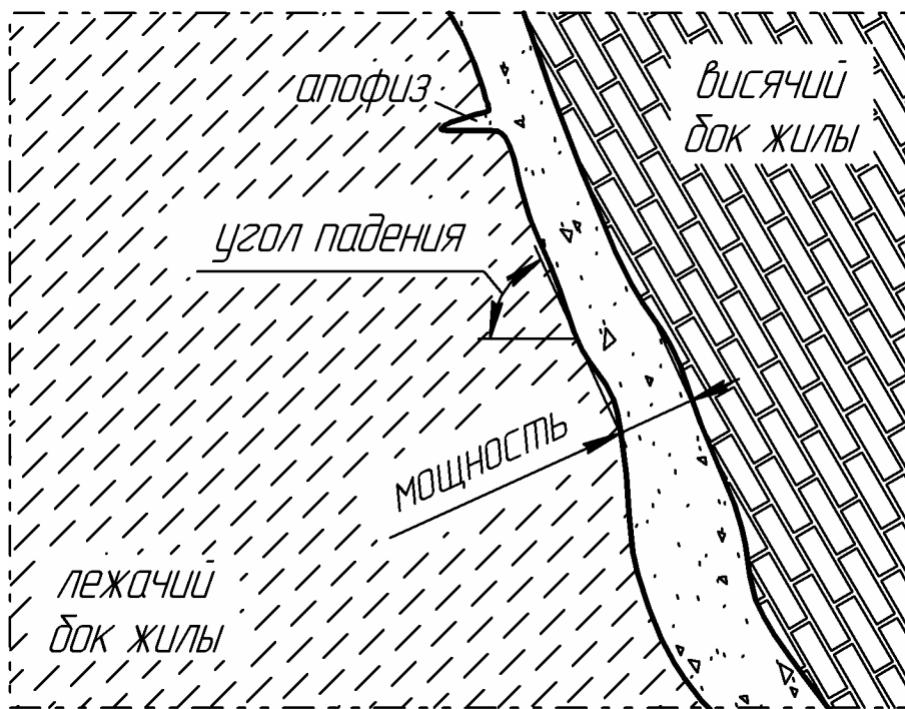


Рис. 1.6. Элементы залегания жил

**Жилой** называется заполненная минеральным веществом трещина в земной коре. Это заполнение могло образоваться как в результате осаждения минерального вещества из водных растворов, так и в результате остывания заполнившей трещину магмы или выделения из поднимавшихся по трещине паров и газов. Жилы, как и пласты, характеризуются простиранием, падением и мощностью, но все эти элементы у них обычно менее постоянны, чем у пластовых месторождений, и могут изменяться резко и в широких пределах.

В форме жил обычно залегают рудные полезные ископаемые. **Рудой** называется естественное минеральное вещество, из которого путем соответствующей переработки могут быть извлечены содержащиеся в нем металлы или полезные минералы.

В чистом самородном виде металл в руде встречается редко. Обычно он находится в виде химических соединений, получивших название рудных минералов, например: медь – в виде халькопирита  $\text{CuFeS}_2$ , железо – в виде гематита  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , свинец – в виде галенита  $\text{PbS}$  и т.д.

Рудные минералы в жиле находятся совместно с такими минералами, как, например, кварц, кальцит; полевой шпат и др., которые не

используются при обработке руд и являются в данном случае пустой породой. Такая пустая порода заполняет вместе с рудой жилу и обычно называется рудной или жильной породой.

**Контакты** – поверхности соприкосновения жил с вмещающими их породами.

**Прожилки** – жилы незначительной мощности.

**Апофиз** – небольшие жильные ответвления в боковые породы.

**Простой жилой** называют жилу, имеющую ясно выраженные контакты, т. е. минеральное вещество, которое резко отличается от окружающих пород.

**Сложной жилой** называют жилу, имеющую неясно выраженные контакты с вмещающими породами.

Совокупность нескольких жил называют **свитой жил**, а наиболее мощную из них – **главной жилой**.

Неправильные формы месторождений – штоки, гнезда и линзы – представляют собой пустоты в земной коре, заполненные минеральным веществом и отличающиеся друг от друга размерами.

Штоки бывают стоячие, косые и лежачие.

## **1.5. Разработка месторождений полезных ископаемых**

Разработкой месторождения называют комплекс работ по вскрытию, подготовке и выемке ПИ.

Перед разработкой месторождений полезных ископаемых производят поиски – отыскание месторождений и разведка, целью которых являются работы, направленные к определению основных элементов залегания полезного ископаемого, его качества и количества (запасов), характера окружающих пород и др.

Резкой границы между поисками и разведкой нет, одна стадия работ переходит в другую.

Разведочные работы могут быть разделены на три стадии: поиск, предварительная разведка, доразведка. Производиться они могут геофизическими методами, путем бурения скважин и проведения горных выработок. В процессе разработки месторождений сложной формы или строения и при разработке геологически нарушенных месторождений на горнодобывающем предприятии ведется также эксплуатационная разведка (доразведка).

Поисковые работы, в результате которых производится предварительная оценка месторождения и устанавливается целесообразность продолжения разведочных работ, разбиваются на три стадии:

- 1) обнаружение признаков полезного ископаемого в данной местности или общих предпосылок, могущих дать указание на наличие его;
- 2) отыскание самой залежи полезного ископаемого;
- 3) исследование этой залежи.

Общие указания на возможность обнаружения тех или иных полезных ископаемых в данном районе можно получить уже при ознакомлении с общим рельефом и характером залегающих пород. Так, например, в гористых районах, где в период горообразовательных процессов возникали трещины, которые впоследствии заполнялись минеральным веществом, можно ожидать встречи жильных месторождений, в холмистых местностях – месторождений пластовых.

С другой стороны, некоторые полезные ископаемые залегают лишь в породах определенного типа.

Так, например, месторождения ископаемого угля встречаются в осадочных образованиях, состоящих главным образом из песчаников и сланцев. В кристаллических изверженных породах встречаются жильные месторождения, причем тип последних обычно определяется характером вмещающих пород.

Знакомство с общим геологическим строением района и рельефом дает лишь основание для общего направления поисковых работ, производство же самих работ базируется на конкретных признаках:

- 1) обнажение полезного ископаемого на поверхности;
- 2) рельеф местности;
- 3) наличие на поверхности обломков полезного ископаемого;
- 4) следы старинных горных работ;
- 5) растительность;
- 6) выходы подземных вод.

Освобождение полезного ископаемого на более или менее значительном протяжении от покрывающих наносов при выходе на земную поверхность, т. е. обнажение, дает наиболее ценные указания об его наличии.

Обнажения полезного ископаемого могут быть естественные и искусственные. Естественные обнажения встречаются сравнительно редко и могут быть обнаружены в пересеченной местности: в горных долинах, на берегах рек, в оврагах и пр.

В некоторых случаях трудно поддающиеся разрушению коренные породы выступают в виде отдельных утесов над наносами. Иногда характерные для данного месторождения породы образуют типичный рельеф, значительно облегчающий направление поисковых работ.

Весьма ценные указания для поисковых работ при отсутствии естественного обнажения коренных пород (горных) могут дать обломки

полезного ископаемого или вмещающих его пород, получающиеся в результате их разрушения и обнаруживаемые обычно в долинах, куда они переносятся водой. По количеству обломков той или иной породы можно судить о ее распространении в данном районе, а по размерам и форме отдельных кусков – о расстоянии, на которое они переместились.

Для более детального его изучения приходится производить расчистку наносов путем проведения канав глубиной 0,25–0,5 м, неглубоких шурфов и др., а при выходе коренных пород на поверхность (без наносов) производят бурение глубоких скважин.

## **1.6. Общие понятия о геофизических методах разведки**

Геофизические методы разведки основаны на изучении различных физических свойств горных пород, действие которых проявляется не только в непосредственной близости от этих пород, но и на более или менее значительном расстоянии от них.

При геофизических методах разведки используется разница в электропроводности пород (электроразведка), магнитной проницаемости их (магниторазведка), плотности (гравиоразведка), упругости (сейсморазведка), в термических эффектах (геотермия), радиоактивности (радиоразведка), геохимия и др.

Во многих случаях эффективно используются несколько методов, например, при разведке Курской магнитной аномалии (магнитная разведка и гравиоразведка).

Предварительная разведка. В результате предварительной разведки должны быть выяснены:

- 1) форма залегания полезного ископаемого и площадь его распространения;
- 2) глубина и основные элементы залегания (угол падения, направление простирания);
- 3) мощность залегания и изменение ее по простиранию и падению;
- 4) характеристика вмещающих и покрывающих залежь пород;
- 5) степень равномерности распределения рудного материала в залежи, количество и распределение последнего в толще пород, в которых залегает рудное тело;
- 6) минералогический и химический состав полезного ископаемого;
- 7) изменение качества полезного ископаемого по площади с глубиной.

При предварительной разведке пластовых месторождений могут проводиться канавы, шурфы, квершлаги (под землей) и буровые скважины (с поверхности).

Разведку месторождения на значительную глубину и для жил производят в основном при помощи глубокого бурения.

При производстве разведочных работ все буровые скважины наносят на план под теми номерами, под которыми они закладывались. Кроме того, по разведочной линии необходимо произвести нивелировку в целях установления превышения устья одних выработок (скважин) по отношению к другим. По этим данным составляются вертикальный разрез месторождения по разведочной линии и сводный геологический разрез.

Разведка жильных месторождений, имеющих неправильную форму, производится шурфами, квершлагами в комбинации с буровыми скважинами.

При проведении разведки месторождения отбираются пробы – минералогические, химические и технические.

При разведке пластовых месторождений используются топографические планы в масштабе 1:5000 или 1:10000 с горизонталями через 1–5 м. При разведке рудных месторождений желательно иметь более крупный масштаб 1:1000–1:2000, а в отдельных случаях 1:500.

Детальная разведка позволяет окончательно установить запасы полезного ископаемого и их распределение по участкам, условия залегания, мощность в целом по месторождению и по отдельным участкам, производятся детальное опробование и подразделение по сортам. В зависимости от условий залегания полезного ископаемого детальная разведка ведется путем проведения горных выработок или бурения разведочных скважин.

На основании полученных в процессе геологоразведочных работ данных составляется технико-экономическое обоснование (эскизный проект) отработки месторождения полезного ископаемого, в котором обосновывается способ добычи: открытый – карьерами (рудой) или разрезами (уголь) и подземный с помощью рудников (руды) или шахт (уголь). По укрупненным средним показателям разрабатываются варианты схем вскрытия месторождения, системы разработки, выбираются технология и горная техника и др. Ориентировочно подсчитывается стоимость строительства предприятия по добыче ископаемого и определяется срок службы предприятия. После утверждения специалистами технико-экономического обоснования, оно является основой для детального проектирования горнодобывающего предприятия.

## **1.7. Состояние и перспективы добычи полезных ископаемых**

Установлено, что в среднем в течение 8–12 лет происходит удвоение объемов добычи полезных ископаемых. При этом на каждого жителя планеты приходится до 20 т минерального сырья, добываемого ежегодно из недр Земли.

Каковы же дальнейшие перспективы развития добычи полезных ископаемых? Достаточно ли минерального сырья на Земле, не ожидает ли потомков современных поколений людей полное истощение его запасов? Ведь без достаточной минерально-сырьевой базы не может быть обеспечено динамичное и стабильное развитие экономики ни одной страны.

В странах СНГ имеются практически все элементы таблицы Менделеева. Наиболее обеспеченной минеральным сырьем является Россия. Некоторые минералы в связи с малыми их запасами ввозятся из-за рубежа. К ним относятся хромиты, ванадий, сурьма, цинк, олово.

Научные прогнозы показывают, что США, страны Западной Европы и многие другие не имеют полной обеспеченности минеральными ресурсами уже на ближайшее будущее. США имеют собственное минеральное сырье лишь в пределах 60% и импортируют ниобий, слюду, стронций, tantal, кобальт, марганец, хром, алюминий, асбест, висмут, платину, никель, ртуть, олово, газовый концентрат и другие полезные ископаемые. Канада ввозит бокситы, хромиты, марганец, олово, сурьму и другое сырье. Обеспечение минеральными ресурсами Западной Европы в соответствии с прогнозами составляет всего лишь 24%. Еще в худшем положении находится Япония: ее запасы полезных ископаемых в 21 столетии оценивают в пределах 6%.

Большую часть мировой добычи нетопливных минеральных ресурсов (80%) обеспечивают 25 стран, в основном развивающихся. В то же время 58% мирового производства нетопливных полезных ископаемых приходится на долю США, ЮАР, Канады, Австралии и стран СНГ. Наблюдающаяся тенденция роста добычи минеральных богатств недр весьма устойчива – ожидается рост производства минерального сырья в среднем на 4% в год. Необходимо отметить, что рост добычи полезных ископаемых уже в наши дни сопровождается ухудшением горногеологических условий ведения горных работ, снижением содержания полезных ископаемых в месторождениях. Так, например, среднее содержание меди в добываемых рудах с начала XIX века до наших дней снизилось в пределах от 10 до 1% и меньше. Вследствие интенсивной разработки существенно уменьшились запасы полезных ископаемых, расположенных вблизи земной поверхности. Неисчерпаемые резервы

хранятся в глубинных слоях недр планеты, мощность которых только в пределах земной коры измеряется десятками километров. До недавнего времени горные работы велись в основном на глубинах в сотни метров, но уже в последние десятилетия ситуация резко изменилась. Уже сегодня геологи ведут разведку глубинных месторождений, полезных ископаемых, не имеющих явных проявлений на земной поверхности. В ряде стран, таких, как США, Канада, горные работы ведутся на глубинах 2–3 км, а в Индии и ЮАР – более 3 км. На некоторых горных предприятиях стран СНГ, например, в Кривбассе (Украина), Норильске (Россия) и других горно-промышленных районах добычу руд ведут на глубинах более 1 км. В Донецком угольном бассейне (Украина) более 25 шахт добывают уголь на глубине более 1 км. Вполне понятно, что добыча руд и угля с больших глубин, открывая громадные возможности удовлетворения потребностей в минеральных ресурсах, обуславливает необходимость создания принципиально новых методов и средств добычи полезных ископаемых.

## **ГЛАВА 2. Технология добычи полезных ископаемых подземным способом**

### **2.1. Общие сведения**

Твердые полезные ископаемые добываются из недр Земли двумя способами: открытым и подземным. Уровень мировой добычи минерального сырья открытым способом составляет около 77%. В США наиболее распространен открытый способ добычи. В странах СНГ открытым способом добывается: уголь – 50%, руд черных, цветных металлов и горнохимического сырья – 70–75%, цементного сырья и строительных горных пород около 100%. Связано это, прежде всего, с тем, что себестоимость добычи 1 т минерального сырья значительно ниже, чем при подземной добыче, а производительность выше в 5-6 раз.

Главными факторами этого являются более благоприятные горнотехнические условия (относительно неглубокое залегание и значительная мощность месторождений полезных ископаемых, достигающая несколько десятков и сотен метров и др.) при открытой добыче, обуславливающие возможность применения высокопроизводительной вскрышной, добычной и горно-транспортной техники большой мощности (экскаваторов, мобильных буровых станков, железнодорожного транспорта, конвейерных линий и др.).

Современные карьеры и разрезы, шахты и рудники представляют собой высокомеханизированные и автоматизированные производственные комплексы, включающие в себя весьма протяженные и разнообразные горные выработки, различные промышленные здания и сооружения, системы энергомеханического оборудования, автоматизации и управления с применением средств микрокомпьютерной техники и других научно-технических достижений.

### **2.2. Основные положения при подземном способе добычи**

Вскрытие и подготовка пластовых (уголь, калийная соль и др.) и жильных (руды черных и цветных металлов и др.) месторождений осуществляются вертикальными и горизонтальными горными выработками различного поперечного сечения и назначения.

Схемы вскрытия, подготовки и отработки (системы разработки) пластовых и жильных месторождений отличаются друг от друга, прежде всего, пространственным расположением горных выработок в связи с различными формами залежей, крепостью боковых пород и вмещающих их минералов. Крепость добываемых ископаемых и боковых пород ока-

зывает существенное влияние на выбор системы разработки и применяемые способы очистной выемки (непосредственного процесса добычи полезного ископаемого в забоях – коротких до 10–20 м и длинных (лавах) от 25 до 300 м), виды горных выработок, а также на выбор средств механизации очистных и проходческих работ.

Например, на угольных шахтах в связи с относительно невысокой крепостью угля, достигающей не более трех единиц по шкале проф. М. М. Протодьяконова\*, и горных пород (в основном пять–семь единиц), 75–80% угля добывается в лавах с помощью механизированных угледобывающих комплексов, включающих в себя скребковые конвейеры, передвижные гидравлические крепи и выемочные машины (комбайны или струговые установки) и более 40% подготовительных горных выработок проходят с помощью комбайнов со стреловидным органом, вынимающими в проходческом забое уголь или породу механическим способом и в значительной степени облегчающих труд шахтеров.

На рудниках, разрабатывающих, например, железные руды, имеющие высокую крепость, механические способы выемки, как на угольных шахтах, неприемлемы. Здесь применяется в основном буровзрывной способ с предварительным бурением шпуров (цилиндрические полости диаметром 42–80 мм) и скважин буровыми станками с последующим заряжанием взрывчаткой и ее взрыванием. При подготовке к очистной выемке рудных месторождений пространственные схемы размещения горных выработок, а также схемы очистных работ (системы разработки) отличаются от схем, применяемых при разработке угольных месторождений.

Таблица 2.1  
Коэффициенты крепости некоторых горных пород  
по шкале М.М. Протодьяконова

Наименование	Коэффициент крепости $f$
Вязкие кварциты и базальты и крепкий гранит	20
Самые крепкие песчаники и известняки	15
Очень крепкие песчаники и известняки	10
Колчедан	8
Обыкновенный песчаник и песчаные сланцы	5...6
Крепкий глинистый сланец, крепкий известняк	3...4
Антрациты, каменная соль, мерзлый грунт	2

<sup>1</sup> Здесь, и далее крепость подземных ископаемых и пород приведены по шкале проф. М.М. Протодьяконова в виде коэффициента  $f$ .

Продолжение таблицы 2.1

Наименование	Коэффициент крепости $f$
Крепкий каменный уголь	1,5...2
Уголь, мягкая глина	0,8
Торф, влажный песок	0,6
Добычной уголь, песок, гравий	0,5

### 2.3. Технология добычи угля на шахтах

Технология добычи угля на шахтах является наиболее сложной. Это связано с разнообразием горно-геологических и горнотехнических условиями залегания угольных месторождений, особенно на больших глубинах: угол падения пластов от 0 до 90°; мощность пластов от 0,5 до 20 м; породы кровли от слабых до крепких включительно; высокое горное давление; самовозгораемость угля и, самое главное, высокое содержание в пластах угля и вмещающих боковых породах газа – метана, выделение которого в горные выработки образует вместе с шахтным воздухом взрывчатые метановоздушные смеси. Выделение метана при подземной разработке угольных пластов является одним из основных природных факторов, ограничивающих эффективность применения прогрессивной технологии и новой техники при проходческих и добывающих работах и существенно ухудшающих состояние техники безопасности. Для обеспечения безопасных условий работ на газовых шахтах проводится комплекс мероприятий по искусственной дегазации угольных пластов, боковых пород и полостей в горном массиве путем бурения дегазационных скважин в подземных условиях и с поверхности шахт, транспорта по трубопроводам добываемого (улавливаемого) метана на поверхность, а также путем интенсивного проветривания (вентиляции) горных выработок. Эти меры, а также автоматический постоянный контроль за содержанием метана в горных выработках позволяют снизить его содержание на 45–60% и обеспечить (несмотря на высокие материальные затраты) повышение эффективности применения новых технологий и горной техники.

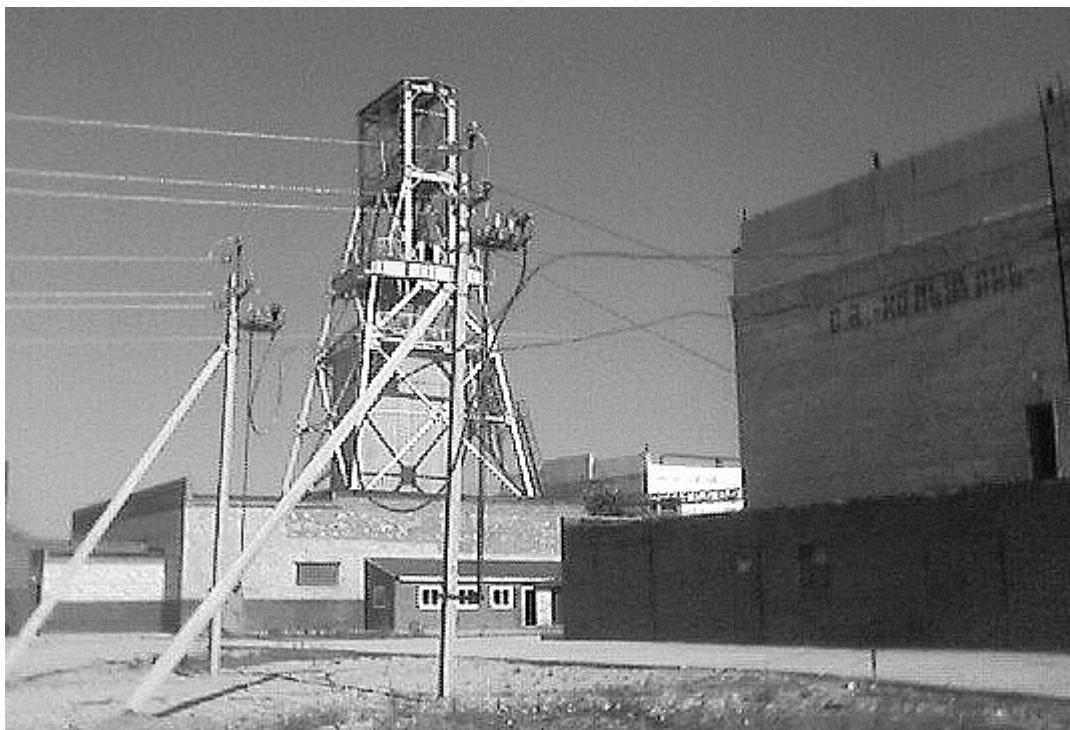
Шахта – это производственное горное предприятие по добыче полезного ископаемого подземным способом и отгрузке его непосредственно потребителям или на обогатительную фабрику. В понятие «шахта» включаются наземные сооружения и совокупность горных выработок, предназначенных для разработки месторождения в пределах шахтного поля.

На поверхности шахты строятся следующие сооружения:

- надшахтные здания с копрами;
- здания подъемных машин;
- эстакады и погрузочные бункеры;
- здания вентиляционных установок;
- электроподстанция;
- компрессорная (если применяется пневматическая энергия);
- мастерские;
- склад лесных материалов и др.

Надшахтное здание служит для приемки и распределения груза, поступающего из шахты, погрузки материалов, направляемых в шахту.

Копер – составная часть надшахтного здания. Он сооружается непосредственно над устьем ствола шахты (рис 2.1).



*Рис. 2.1. Копер главного ствола рубцовского рудника (Алтайский край)*

Эстакада предназначена для откатки и разгрузки выданных из шахты вагонеток с углем и породой. Они часто соединяют надшахтные здания главного и вспомогательного стволов. Бункеры служат для приема выдаваемых из шахты угля и породы. Разгрузка вагонеток в приемный бункер производится с помощью опрокидывателей, а скипов с помощью специальных разгрузочных узлов.

В административно-бытовой комплекс входят помещения бытового, административного и производственного назначения.

Бытовые – гардеробная, душевая, сушилка для мокрой спецодежды, дезинфекционная камера и др.

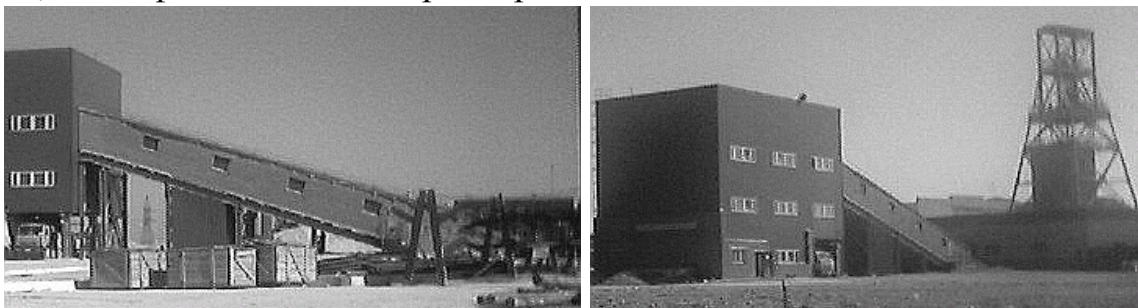


Рис. 2.2. Эстакада (слева) и бункер (справа)



Рис. 2.3. Административно-бытовой комплекс

Административные – кабинеты руководства шахты, различных служб и др. структурные подразделения.

Производственные – ламповая.

### 2.3.1. Горные выработки и их назначение

Чтобы добить полезное ископаемое, залегающее в недрах, необходимо открыть доступ к нему, отделить от массива горных пород и выдать на поверхность. Работы по подготовке полезного ископаемого к выемке и непосредственно выемку полезного ископаемого называют

**горными.** В результате проведения горных работ в полезном ископаемом или вмещающих его горных породах образуются полости – **горные выработки.**

Различают горные выработки **разведочные**, проводимые с целью поисков или разведки месторождений полезных ископаемых, и **эксплуатационные**, необходимые при разработке месторождения полезных ископаемых.

В зависимости от назначения эксплуатационные горные выработки разделяют на:

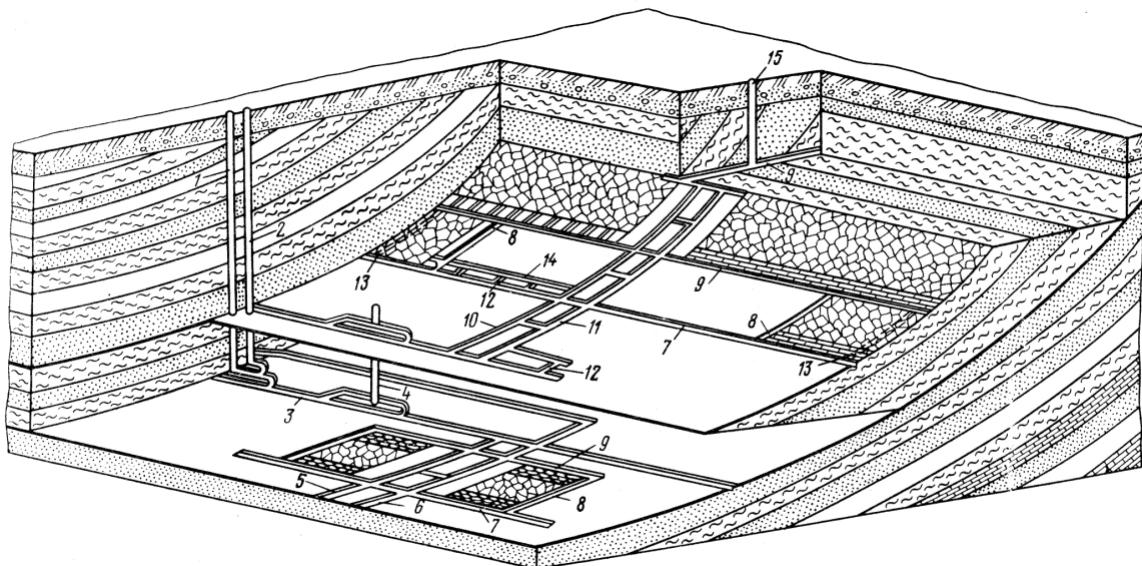
**вскрывающие**, служащие для вскрытия шахтного поля;

**подготовительные**, проводимые при подготовке шахтного поля или отдельных его частей к очистной выемке;.

**очистные**, служащие для непосредственной выемки полезного ископаемого.

Поверхности горных пород, ограничивающие подземные выработки сверху и снизу, называют соответственно **кровлей и почвой**, с боков – **боками**. Поверхность горных пород, ограничивающую горные выработки и перемещающуюся в результате ведения горных работ называют **забоем**. Начало горных выработок (место выхода ее на поверхность или место примыкания к другой горной выработке) – **устрем.**

По углу наклона горные выработки разделяются на вертикальные, наклонные и горизонтальные.



*Рис. 2.4. Схема расположения горных выработок: 1,2 – шахтные вертикальные стволы; 3 – главный транспортный штрек; 4 – гезенк; 5 – уклон; 6 – ходок при уклоне; 7 – транспортные штреки; 8 – лавы; 9 - вентиляционные штреки; 10 – ходок при бремсберге; 11 – бремсберг, 12 – сбойка; 13 – разрезные печи (монтажные камеры); 14 – просек; 15 – шурф*

### *Вертикальные горные выработки*

**Шахтный ствол** – вертикальная выработка, имеющая непосредственный выход на поверхность и предназначенная для обслуживания подземных работ в пределах шахтного поля и его крыла. В зависимости от назначения шахтные стволы могут быть главными и вспомогательными.

**Главный ствол** служит для подъема полезного ископаемого на поверхность. Главные стволы, предназначенные для подъема угля в вагонетках называются **клетевыми**, а в скипах – **скиповыми**.

**Вспомогательный ствол** – для спуска материалов и оборудования, спуска-подъема людей, а также для проветривания подземных выработок (вентиляционный), для откачки воды (водоотливной) и т.д.

**Слепой шахтный ствол** в отличие от шахтного ствола не имеет выхода на поверхность и предназначен, прежде всего, для подъема полезных ископаемых с нижних горизонтов на верхние.

**Гезенк** – вертикальная горная выработка, не имеющая непосредственного выхода на поверхность и предназначенная для спуска угля с верхнего горизонта ни нижний, передвижения людей, проветривания и др.

**Шурф** – неглубокая вертикальная (реже наклонная) выработка, пройденная с земной поверхности. Шурфы служат для проветривания (вентиляционные), спуска лесных (лесоспускные) и закладочных (закладочные) материалов и как запасной выход из шахты на поверхность.

### *Наклонные горные выработки.*

**Наклонный ствол** – наклонная выработка, имеющая непосредственный выход на поверхность и служащая для тех же целей, что и вертикальный ствол.

**Бремсберг** – проведенная по падению пласта наклонная горная выработка, не имеющая непосредственного выхода на поверхность и предназначенная для транспортировки полезных ископаемых с верхнего горизонта на нижний с помощью механических транспортных средств.

**Уклон** – проведенная по падению пласта наклонная горная выработка, не имеющая непосредственного выхода на поверхность и предназначенная для транспортировки полезных ископаемых с нижнего горизонта на верхний с помощью механических транспортных средств.

**Горизонт** – часть шахтного поля, одной из границ которого по падению является главный транспортный штрек, а другой – верхняя или нижняя граница шахтного поля. Боковыми границами горизонта служат границы шахтного поля по простиранию.

**Ходок** (при бремсбERGE или уклоне) – проведенная по падению пласта наклонная горная выработка, не имеющая непосредственного

выхода на поверхность и служащая для передвижения людей (людской ходок), проветривания и других целей (вспомогательный ходок).

**Скат** – наклонная горная выработка, не имеющая непосредственного выхода на поверхность и служащая для спуска различных грузов под действием собственного веса (гравитационный транспорт).

**Печь** – наклонная горная выработка, проведенная в толще полезных ископаемых по восстанию или падению пласта и служащая для вентиляции, транспортирования угля, передвижения людей и др. Печь проводимую для подготовки очистной выработки называют **разрезной**.

#### *Горизонтальные горные выработки*

**Штольня** – горизонтальная горная выработка, которая имеет выход на поверхность и предназначена для обслуживания подземных работ. Штольни проводят по простиранию или вкрест простирания пласта. Они бывают откаточными, вентиляционными и водоотливными.

**Квершлаг** – горизонтальная (реже наклонная) горная выработка, не имеющая непосредственного выхода на поверхность и проводимая по породам вкрест простирания месторождения. Квершлаги служат для транспортировки грузов, вентиляции, передвижения людей и др. целей.

**Штрек** – горизонтальная горная выработка, с углом наклона не более  $3^{\circ}$ , не имеющая непосредственного выхода на поверхность и проведенная по простиранию пласта. Штреки, проведенные по пласту или пустым породам называют соответственно **пластовыми и полевыми**. Они делятся на: транспортные (откаточные) и вентиляционные. Транспортные служат для транспортировки угля, подачи свежего воздуха, передвижения людей, доставки материалов и пр., вентиляционные – для отвода отработанной струи воздуха и вспомогательных целей.

**Орг** – горизонтальная горная выработка, не имеющая выхода на поверхность и проведенная вкрест простирания пласта или залежи между ее висячим и лежачим боком (по мощности). Служат для проветривания, транспортирования грузов и т.д.

**Просек** – вспомогательная выработка, проводимая по простиранию пласта без подрывки боковых пород. Обычно он располагается параллельно штреку и предназначен для проветривания, передвижения людей и грузов.

**Сбойка** – горизонтальная или наклонная выработка, соединяющая параллельно пройденные горные выработки и служащая для целей вентиляции при их проведении.

#### **Выработки околоствольного двора.**

Совокупность камер и горных выработок, расположенных у стволов и предназначенных для обслуживания отдельных горизонтов шахты называют **околоствольным двором**. Выработки околоствольного двора

в основном представлены камерами. Название камер определяет их назначение (электровозный гараж, насосная, электроподстанция, водосборник, медпункт, камера ожидания).

### **Очистные выработки.**

**Очистными** называют выработки, проводимые по пласту или залижи полезного ископаемого и предназначенные для его выемки. Забои очистных выработок непрерывно или периодически передвигаются в пространстве. В угольных шахтах к очистным выработкам относят лавы и камеры.

**Лава** – очистная выработка значительной протяженности (от нескольких десятков до сотен метров) один бок которой образован массивом полезного ископаемого, а другой – обрушенными породами или закладочным массивом. Лава имеет выходы в транспортный и вентиляционный штреки или на просеки.

**Очистная камера** – очистная выработка небольшой длины (до 12–16 м) по сравнению с поперечным сечением. Служит для размещения в ней машин, оборудования и пр.

## **2.3.2. Вскрытие и подготовка шахтного поля**

**Шахтным полем** называют месторождение или его часть, отводимую для разработки одной шахтой. Обычно шахтное поле имеет форму прямоугольника, ориентированного длинной стороной по простиранию месторождения или пласта. Верхнюю границу поля называют **границей шахтного поля по восстанию**, нижнюю – **границей шахтного поля по падению**, боковые границы – **границами по простианию**.

**Вскрытие шахтного поля** – проведение комплекса вскрывающих выработок, которые открывают доступ с поверхности к полезному ископаемому и обеспечивают возможность проведения подготовительных выработок.

Горные выработки, используемые для вскрытия шахтных полей делятся на **основные** и **дополнительные**. К основным вскрывающим выработкам относят выработки, проводимые с поверхности (вертикальные и наклонные стволы, штолни и шурфы). Основные вскрывающие выработки, по которым осуществляется выдача полезного ископаемого на поверхность называют **главными**, а предназначенные для других целей (спуск-подъем людей, материалов и оборудования и др.) – **вспомогательными** (квершлаги, слепые стволы, гезенки, шурфы).

Большинство шахтных полей вскрывается вертикальными стволами (рис. 2.5.). Наклонные стволы применяются в основном при

вскрытии шахты полей с пологими пластами, залегающими на небольшой глубине, штольни – при вскрытии шахты полей в гористой и холмистой местности.

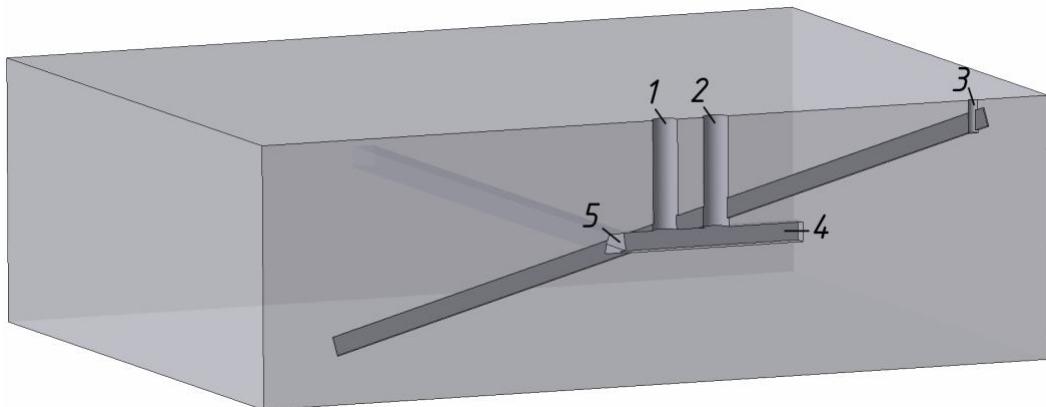


Рис. 2.5. Вскрытие шахтного поля вертикальными стволами: 1 – главный ствол; 2 – вспомогательный ствол; 3 – шурф; 4 – квершилаг; 5 – штрек

После вскрытия приступают к подготовке шахтного поля, под которой понимают проведение подготовительных выработок, обеспечивающих условия для подготовки выемочных полей (столбов).

В зависимости от расположения подготовительных выработок различают три схемы подготовки шахтных полей: этажную, панельную и погоризонтную (рис. 2.6).

При этажной подготовке от капитального бремсберга или уклона, располагаемого примерно в середине шахтного поля по простиранию, проводят до границ поля этажные транспортные и вентиляционные штреки, которые делят шахтное поле на вытянутые прямоугольники, называемые этажами. Иногда этажи делят промежуточными или подэтажными штреками на подэтажи. Этажная подготовка применяется при разработке пластов различной мощности с любыми углами падения. Отработка этажей ведётся в прямом (от ствола к границам шахтного поля) и обратном (от границ шахтного поля к стволу) порядке.

**Этаж** – часть пласта в шахтном поле, границами которой по падению являются штреки – откаточный и вентиляционный, а по простиранию – границы шахтного поля

При панельной подготовке шахтное поле главным транспортным штреком, проводимым на горизонте околосвольного двора, делится на поля по восстанию и по падению пласта, которые в свою очередь разделяются на панели. Каждая панель в поле по восстанию пласта обслуживается панельным бремсбергом, а в поле по падению – панельным уклоном. От панельного бремсберга (уклона) проводят ярусные штреки, которые делят панель на ярусы.

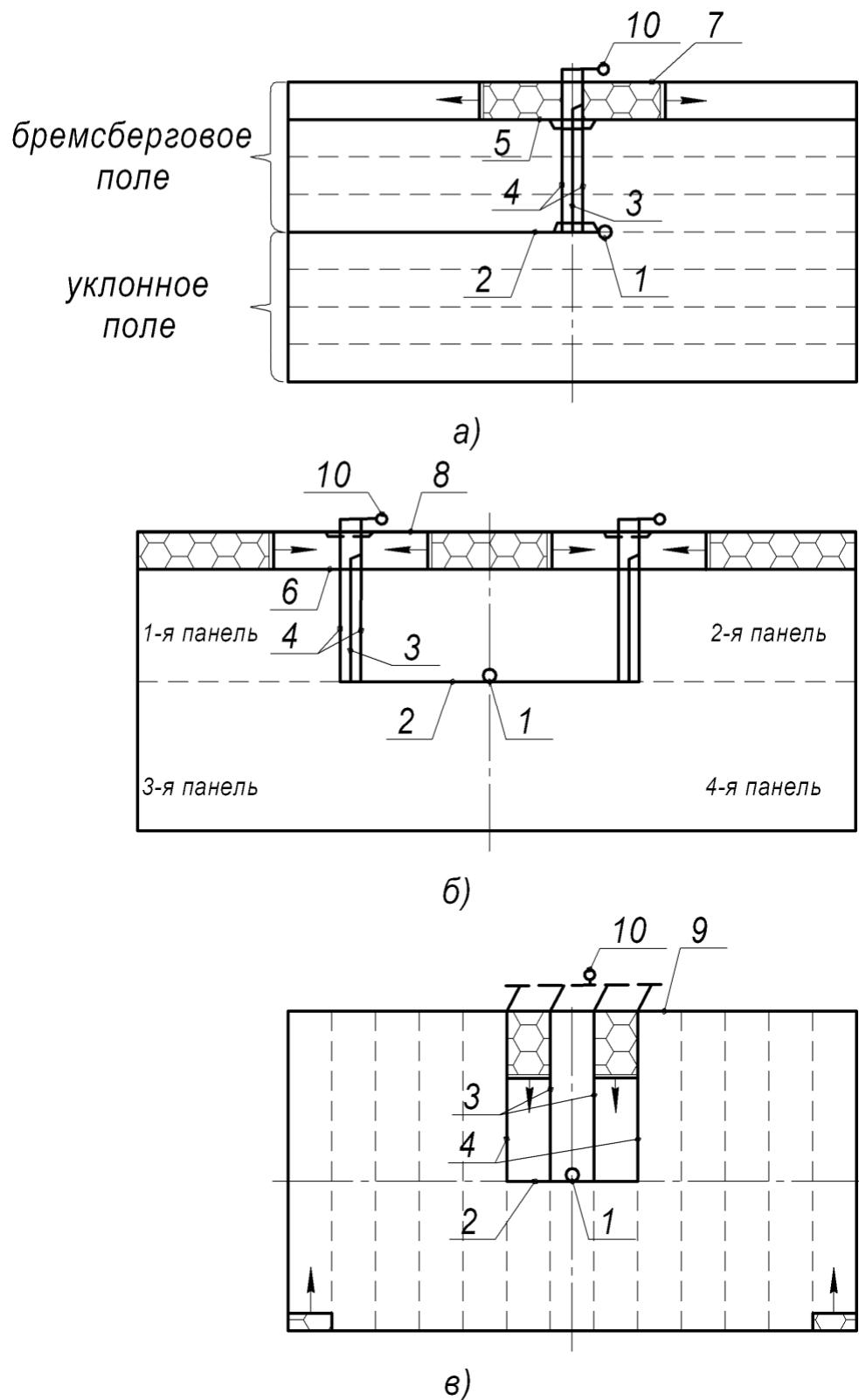


Рис. 2.6. Схемы подготовки шахтного поля: а) этажная, б) панельная, в) погоризонтная; 1 – ствол; 2 – главный транспортный штрек; 3 – бремсберг; 4 – ходок; 5 – этажный штрек; 6 – ярусный штрек; 7 – этажный вентиляционный штрек; 8 – ярусный вентиляционный штрек; 9 – главный вентиляционный штрек; 10 – шурф

Панельную подготовку применяют при горизонтальном и пологом залегании пластов, а также при разработке нарушенных месторождений. Порядок обработки ярусов в панели принимается, как правило, обратный (от границ панели к бремсбергам или уклонам), а панелей в шахтном поле- прямой.

Сущность погоризонтной подготовки заключается в том, что пласт между горизонтами шахтного поля делят на выемочные поля, вытянутые по падению (восстанию). Погоризонтная подготовка применяется на пластах любой мощности с углами падения до 10°.

### 2.3.3. Системы разработки

После вскрытия и подготовки шахтного поля приступают к очистным работам – комплексу процессов, имеющих целью извлечение полезного ископаемого из недр. Очистные работы ведут с применением той или иной системы разработки. Системой разработки называют определённый порядок проведения подготовленных и очистных выработок в пределах выемочного поля, увязанный в пространстве и времени.

В практике эксплуатации угольных и сланцевых месторождений встречаются самые разнообразные системы разработки. В каждом конкретном случае выбор той или иной системы определяется комплексом горно-геологических и производственно-технических факторов (мощность и угол падения пласта, крепости угля и пароды, газоносность и водоносность месторождения, склонность к внезапным выбросам угля и газа, глубина разработки, способы и средства механизации производственных процессов в очистных и подготовленных выработках и др.).

На шахтах страны получили распространение в основном следующие системы разработки: сплошная, столбовая и комбинированная.

Сплошная система разработки (рис. 2.7) предполагает одновременное ведение очистных и подготовительных работ в выемочном поле. При этом лава и забой подготовительных выработок движутся в одном направлении (как правило, от бремсбергов или уклонов к границам выемочного или шахтного поля), а подготовительные выработки поддерживаются в выработанном пространстве или на границе угольный массив – выработанное пространство. Сплошную систему разработки применяют в основном на тонких пластах и реже на пластах средней мощности с любыми углами падения.

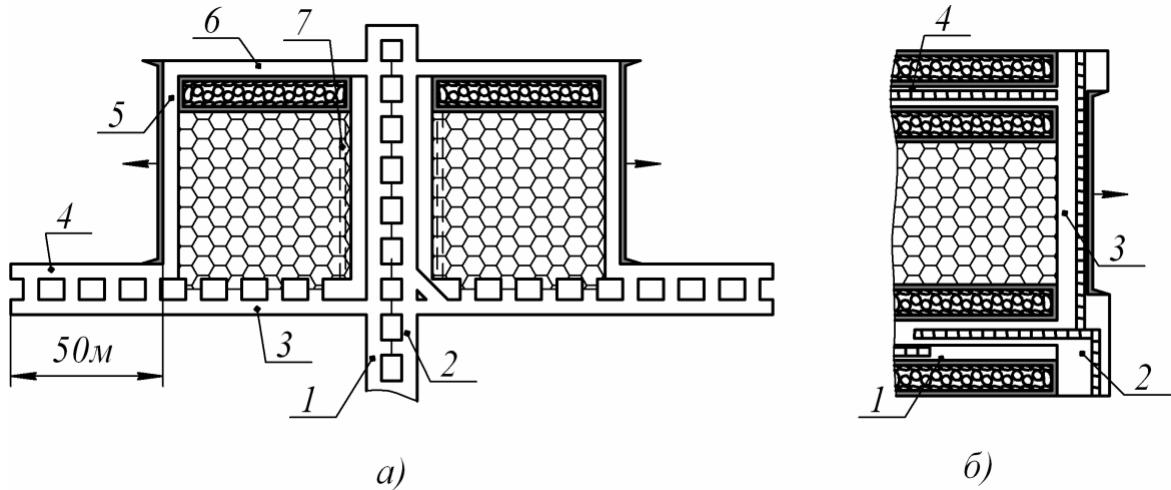


Рис. 2.7. Сплошная система разработки: а) – с охраной штреков целиками углем: 1 – бремсберг, 2 – ходок, 3 – транспортный штрек, 4 – просек, 5 – лава, 6 – вентиляционный штрек, 7 – погашенная разрезная печь; б) – с охраной штреков бутовыми полосами: 1 – транспортный штрек, 2 – раскоска, 3 – лава, 4 – вентиляционный штрек

Столбовую систему разработки (рис. 2.8) отличает независимое ведение очистных и подготовительных работ в пределах выемочного поля. На момент начала очистной выемки в выемочном участке (столбе) все подготовительные выработки должны быть пройдены на всю длину. Отработка оконтурированных выемочных столбов может вестись как в прямом, так и в обратном порядке.

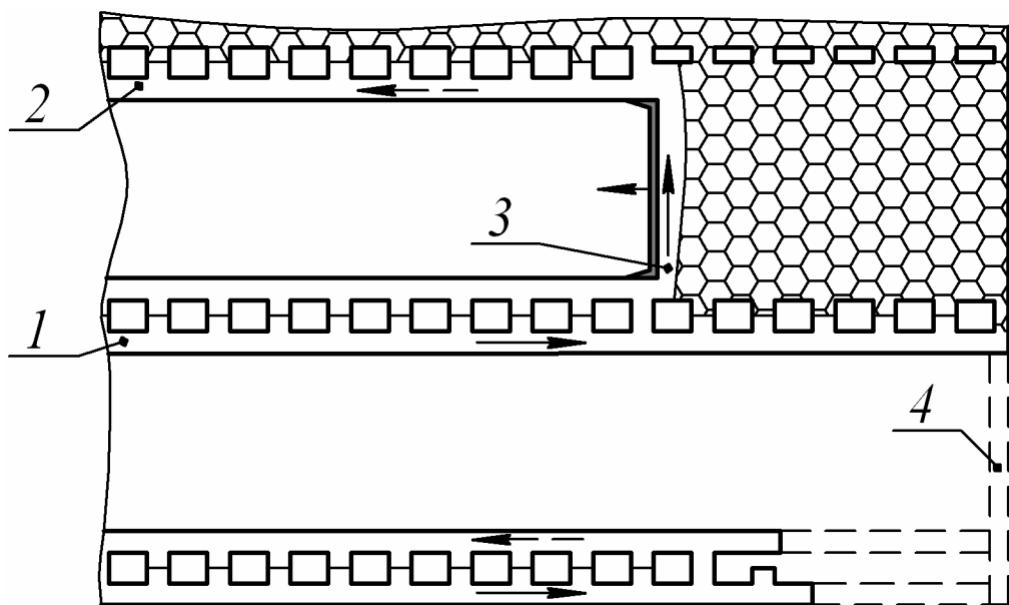
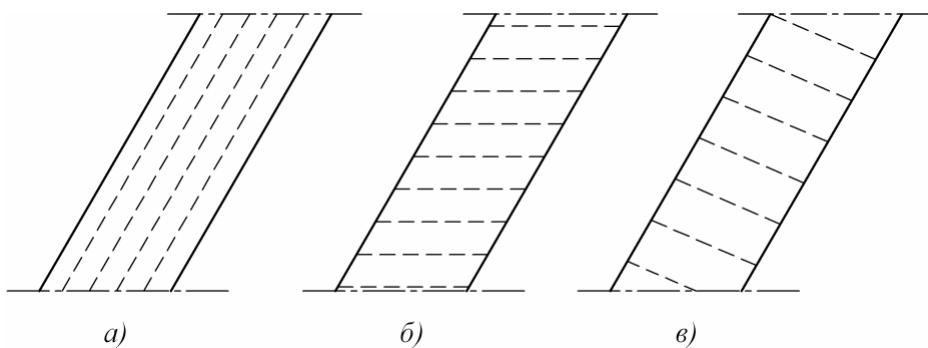


Рис. 2.7. Столбовая система разработки: 1 – транспортный штрек, 2 – вентиляционный штрек, 3 – лава, 4 – будущая разрезная печь нижележащего столба

Столбовая система разработки применяется при любых способах подготовки шахтных полей. При этом очистной забой может двигаться по простирианию, падению или восстанию пласта, а также диагонально. Достоинства столбовой системы разработки (раздельное ведение очистных и подготовительных работ, поддержание подготовительных выработок в угольном массиве, возможность доразведки пласта в период подготовки столба) обусловили ее широкое распространение на угольных шахтах страны.

Комбинированная система разработки представляет собой обычно комбинацию сплошной и столбовой систем. Из вариантов такой системы наиболее известна система разработки парными штреками. Сущность ее заключается в том, что нечётные этажи или ярусы отрабатываются в прямом порядке по сплошной системе, а четные, оказывающиеся оконтуренными подготовительными выработками – парными штреками. Такими системами разрабатываются пологие тонкие и, реже, средней мощности пласти.



*Рис. 2.9. Деление мощных пластов на слои: а) – наклонные, б) – горизонтальные, в) – поперечно-наклонные*

Мощные пласти отрабатывают с разделением на слои (рис. 2.9): наклонные, расположенные параллельно плоскостям напластования; горизонтальные, ограниченные горизонтальными плоскостями; поперечно-наклонные, расположенные под углом 30–45° к горизонтальной плоскости. Каждый слой вынимается как пласт средней мощности (2,5–3,5 м) преимущественно по столбовой системе.

В Кузбассе на ряде шахт на пластах полого падения средней мощности с целью снижения объема проводимых подготовительных выработок до начала очистных работ применяется комбинированная система разработки, для которой характерны отдельные признаки сплошной и столбовой системы разработки.

Комбинированная система разработки обеспечивает по сравнению со столбовой снижение потерь угля, уменьшение удельного объёма проходения подготовительных выработок, прямоточное проветривание, более быстрое начало очистных работ. Однако при этом увеличиваются затраты на поддержание формируемого штрека, необходимо осуществлять мероприятия по устранению утечек воздуха через выработанное пространство при нисходящей выемке ярусов.

### **2.3.4. Технология очистных работ**

Очистные работы направлены на извлечение полезного ископаемого из недр и включают следующие основные производственные процессы: выемку и доставку угля, крепление призабойного пространства и управление горным давлением.

#### **2.3.4.1. Выемка угля**

Выемка угля состоит из отбойки, погрузки и доставки отбитого полезного ископаемого.

Отбойкой угля называется отделение его от массива. Она выполняется механическим, буровзрывным или гидравлическим способами. Выбор способа отбойки зависит от физико-механических свойств угольного пласта, устойчивости вмещающих пород, наличия соответствующего оборудования и др.

В настоящее время для отработки угольных пластов подземным способом применяют технологию длинных лав. Угольное поле разрезается на блоки. Блок делится на участки, а последние на очистные забои. Деление угольного поля осуществляется штреками различного сечения. Штреки предназначаются для вентиляции, доставки отбитой угольной массы и для других вспомогательных работ.

Расстояние между вентиляционным и откаточным штреками называется длиной лавы. Длина современной лавы (150–300 м) постоянно увеличивается. Прогрессивность системы разработки длинными лавами заключается в возможности независимо вести очистные и подготовительные работы.

В зависимости от ширины захвата выемочной машины различают **широкозахватную** (более 1 м), **узкозахватную** (0,5–1,0 м) и **струговую** (0,03–0,15) выемку угля. Основными выемочными машинами в длинных очистных забоях являются узкозахватные очистные комбайны.

Различают следующие технологические схемы выемки угля очистным комбайном:

- односторонняя выемка с холостым перегоном комбайна в исходное положение;
- двухсторонняя выемка без холостого перегона комбайна;
- двухкомбайновая выемка с холостым перегоном комбайнов в исходное положение;
- двухсторонняя двухкомбайновая выемка без холостых перегонов;
- селективная выемка по односторонней схеме;
- селективная выемка по двухсторонней схеме.

Сопряжение штреков с лавой является наиболее сложным участком в процессе выемки угольного пласта из очистного забоя, что обуславливает определенные требования к выполнению работ по переводу очистного комбайна и другого оборудования лавы на следующую выемочную полосу. Передвижение комбайна на новую выемочную полосу выполняется следующими способами: косым заездом, фронтальным передвижением с использованием или без использования элементов косого заезда (более подробно эти вопросы рассмотрены в п. 4.4.1).

Наибольшее распространение имеет механический способ отбойки, при котором исполнительные органы горных машин разрушают пласт посредством резцов, шарошек, коронок и др. При этом различают комбайновую и струговую выемку угля.

Выемочный (очистной) комбайн (рис. 2.10) представляет собой машину, которая посредством резания отделяет уголь от массива и грунтует его на забойный конвейер (на пологих и наклонных пластах). На крутых пластах отсутствует необходимость в погрузке угля, так как он скатывается по лаве за счет сил тяжести.



*Рис. 2.10. Очистной комбайн К600*

Комбайны очистные К600 предназначены для отработки угольных пластов мощностью 2,2–4,3 м с углами падения до  $35^{\circ}$  по простирианию и до  $10^{\circ}$  по падению с сопротивляемостью угля резанию до 360 кН/м, опасных по газу и пыли. Комбайн оснащен механизмом подачи с электроприводом. Плавное регулирование скорости обеспечивается за счет электромагнитных тормозов. Комбайн имеет блочную конструкцию основных узлов, местное и дистанционное управление по радиоканалу.

В очистных забоях на пологих и наклонных пластах применяют узкозахватные комбайны К250, К500, К600, 4LS3 (США), MPX-240W (КНР), EDW-380/440-L (Германия) и др., на крутонаклонных и крутых пластах – комбайны Поиск-2Р, Поиск 3, Темп-1М. Широкозахватные комбайны 2КЦТГ, Кировец-2К используют в очистных забоях на весьма тонких и тонких пологих пластах.

В отличие от выемочных комбайнов угольные струги отделяют уголь от массива не резанием, а скальванием стружками толщиной до 0,4 м. Выпускаемые промышленностью струговые установки предназначены для работы на пологих пластах мощностью от 0,55 до 2 м. Общий вид струга приведен на рис. 2.11.

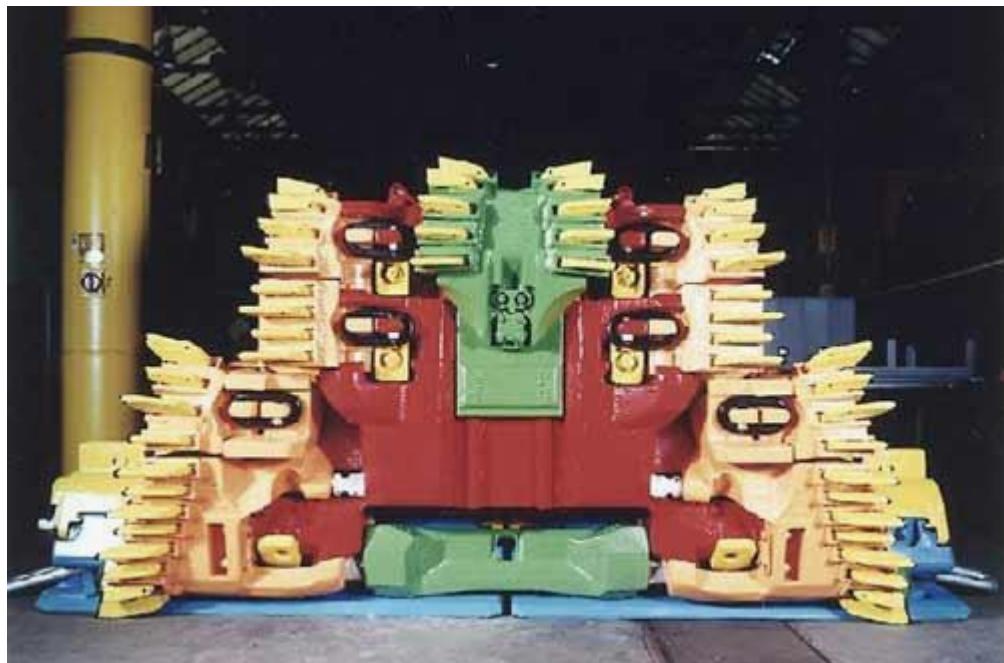


Рис. 2.11. Струг DBT

К механическим способам отделения угля от массива относятся также отбойка отбойными молотками. Отбойный молоток – ручная пневматическая машина ударного действия. Отбойные молотки приме-

няются в очистных забоях на крутонаклонных и крутых пластах, где отбитый уголь транспортируется вдоль лавы самотеком.

Гидравлический способ выемки предусматривает отделение угля от массива струей воды высокого давления, выпускаемой из гидромонитора, с последующим смывом отбитой горной массы.

### 2.3.4.2. Доставка угля

Доставка – перемещение отбитого полезного ископаемого от места отбойки до места погрузки в транспортные средства. В угольных шахтах преимущественное распространение на пологих и наклонных пластах имеет механизированная доставка с помощью скребковых конвейеров, на крутонаклонных и крутых пластах – доставка под действием собственного веса по металлическим желобам, эмалированным решеткам или почве выработки.

Скребковые конвейеры разделяются на разборные – переносные и изгибающиеся (неразборные) – передвижные.

Разборные конвейеры имеют сравнительно лёгкий решетчатый став и переносятся вручную. Они применяются преимущественно при совместной работе с широкозахватными выемочными машинами, а также для транспортирования горной массы по просекам, печам, подготовительным выработкам и другим выработкам небольшой протяженности.

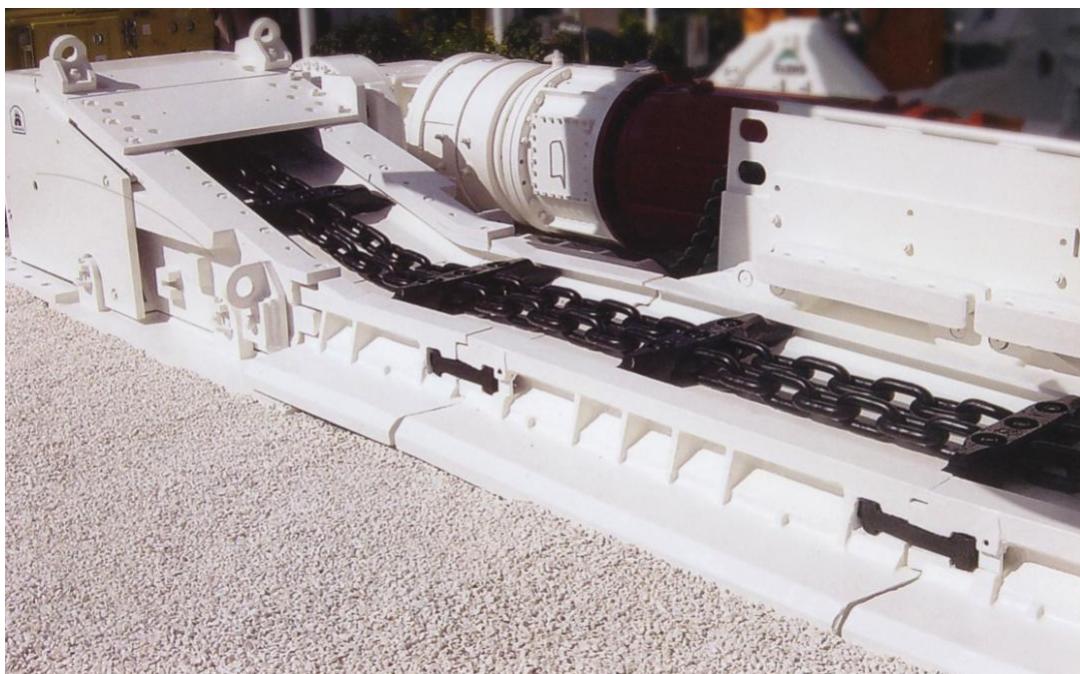


Рис. 2.12. Скребковый конвейер

Изгибающиеся конвейеры используются в основном с узкозахватными выемочными машинами (комбайны, струги). Они передвигаются без разборки с помощью механических или гидравлических устройств.

Скребковый конвейер (рис. 2.12) состоит из привода, линейных унифицированных решеток (секций, образующих став конвейера), цепи со скребками и концевой головки.

### 2.3.5. Горное давление в очистном забое

Горные породы в нетронутом массиве находятся в состоянии напряженного равновесия. Угольный пласт на глубине  $H$  испытывает напряжение

$$\sigma = \gamma H,$$

где  $\gamma$  – средняя плотность горных пород,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;

$H$  – глубина залегания пласта, м.

В процессе выемки угля впереди забоя происходит перераспределение напряжений (рис. 2.13). При этом различают три зоны, примыкающие к забою.

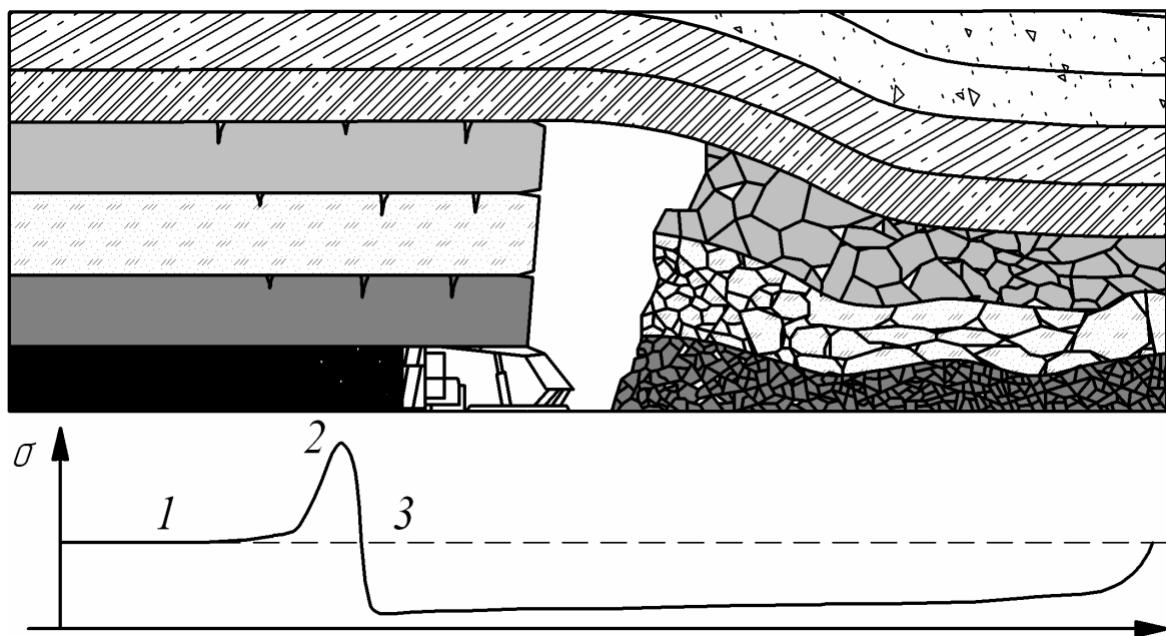


Рис. 2.13. Горное давление в очистном забое и эпюра давления на пласт

В зоне 1 сохраняются напряжения, характерные для нетронутого массива. Уголь находится в состоянии трехосного сжатия.

Зона 2 – зона опорного давления и характеризуется повышенным напряжением  $\sigma = k\gamma H$ , где  $k$  – коэффициент концентрации напряжений ( $k$

> 1). В этой зоне уголь находится в состоянии двуосного сжатия. Максимум опорного давления находится на расстоянии от трех до пяти-шести мощностей от кромки пласта.

Опорное давление проявляется по всему периметру выработанного пространства (впереди и позади лавы, в верхней и нижней ее частях). Оно оказывает влияние на состояние крепи подготовительных выработок, находящихся в зоне влияния очистных работ и может вызвать внезапное разрушение целиков угля. Опорное давление является следствием пригрузки от нависающей консоли непосредственной и основной кровли.

Зона 3 непосредственно примыкает к забою. В ней уголь обычно раздавлен и напряженное состояние им утрачено. Это обстоятельство способствует облегчению отбойки угля от массива исполнительными органами выемочных машин.

По мере подвигания очистного забоя волна опорного давления постоянно перемещается, создавая повышенные и пониженные, по сравнению со статическими, напряжения в угольном пласте и прилегающих к нему породах. Это свидетельствует о том, что при выемке полезного ископаемого в массиве, окружающем очистную выработку, протекают сложные процессы изменения его напряженного состояния. Горные породы последовательно проходят стадии повышенных и пониженных, по сравнению со статическими, напряжений в угольном пласте и прилегающих к нему породах, разгрузки, упругого восстановления. Эти явления протекают не только в кровле, но и в почве угольного пласта.

В результате извлечения полезного ископаемого в забое очистной выработки происходит обнажение кровли. Кровля под действием собственного веса и веса вышележащих пород приходит в движение. При опускании кровли происходит ее расслоение по плоскостям напластования, переходящее с течением времени в обрушение. Сначала обрушается непосредственная кровля, а затем и основная.

Первая посадка кровли происходит при отходе очистных работ от разрезной печи на более или менее значительное расстояние, достигающее иногда 50–60 м и более. При дальнейшем подвигании очистного забоя, когда произошла первая посадка кровли, осуществляют регулярное обрушение непосредственной кровли, называемое первичной посадкой. В большинстве случаев породы основной кровли зависают в виде консоли и обрушаются после подвигания забоя на некоторое расстояние. Обрушение консоли основной кровли называют вторичной посадкой.

Для создания безопасных условий в призабойном пространстве устанавливают крепь и осуществляют комплекс мероприятий по управлению горным давлением.

Крепь может удерживать кровлю от обрушений только в непосредственной близости от забоя. Здесь кровля пласта и вышележащие породы удерживаются также силами сцепления. На некотором расстоянии от забоя влияние этой связи настолько ослабевает, что обычное крепление оказывается уже недостаточным.

Давление пород со стороны выработанного пространства может восприниматься закладочным массивом или специальной крепью. Крепи различной конструкции и закладка защищают призабойное пространство от обрушений. В настоящее время для защиты призабойного пространства на пологих и наклонных пластах широко применяют механизированные крепи.

### **2.3.6. Крепь очистных выработок**

Крепь очистных выработок – это искусственное сооружение, возводимое для предотвращения обрушения пород кровли, сохранения необходимой площади поперечного сечения призабойного пространства и управления горным давлением.

Крепь должна удовлетворять следующим требованиям: она должна быть прочной и устойчивой; обладать податливостью; иметь минимальный вес; обеспечивать механизацию установки и передвижки; иметь необходимую площадь призабойного пространства для пропуска достаточного количества воздуха; не мешать выполнению других производственных процессов; должна быть недорогой, надежной и долговечной.

**Прочность крепи** – способность ее сопротивляться горному давлению, не разрушаясь и не получая остаточных деформаций.

**Рабочее сопротивление** – сопротивление нагрузке, являющейся безопасной в отношении деформации крепи, составляет до 70% разрушающей нагрузки.

**Начальное сопротивление** – сопротивление, развиваемое крепью при ее установке или распоре (для гидравлических крепей).

**Устойчивость крепи** – способность ее сохранять первоначальное положение под влиянием горного давления.

**Жесткость крепи** – способность ее сопротивляться образованию деформаций. Различают **жесткие** и **податливые** крепи. Под действием горного давления жесткая крепь испытывает упругие деформации. В отличие от нее податливая крепь под действием нагрузки способна из-

менять свои линейные размеры по высоте, не меняя несущей способности. Это изменение размеров крепи заложено в ее конструкцию.

Податливая крепь в очистном забое обуславливает равномерное распределение нагрузки, снижает напряженность в нижних слоях непосредственной кровли, легко освобождается из-под давления.

Все известные виды крепей очистных выработок могут быть разделены на три класса: индивидуальные, комплектные и передвижные (рис. 2.14).

Под **индивидуальной крепью** понимают крепь очистных выработок, состоящую из отдельных, не связанных между собой конструктивно элементов, устанавливаемых вручную вслед за подвиганием забоя. Индивидуальная крепь подразделяется на призабойную и специальную (посадочную).



Рис. 2.14. Классификация крепи очистных выработок

**Призабойная крепь** устанавливается вслед за подвиганием забоя и служит для поддерживания непосредственной кровли в рабочем пространстве очистной выработки, примыкающем к забою. Это пространство называется призабойным.

**Специальная** или посадочная крепь устанавливается на границе с погашаемым выработанным пространством и выполняет роль режущей опоры при управлении кровлей полным обрушением.

**Комплектные крепи** – это передвижные крепи, отдельные комплексы которых не связаны между собой по дайне лавы. Эти крепи не получили распространения.

В настоящее время широко применяются **передвижные крепи**, в которых процесс установки и перемещения происходит непрерывно. К ним относятся гидрофицированные крепи механизированных комплексов, щитовые перекрытия различных конструкций и другие виды крепей

### 2.3.6.1. Призабойная крепь

**Призабойная крепь** представляет собой, как правило, раму, состоящую из верхняка и подбиваемых под него стоек. Ее основное назначение – обеспечение безопасных условий работы в очистном забое. Она должна противостоять горному давлению, не допускать вывалов отдельных кусков породы, не вдавливаться в почву, обеспечивать необходимое свободное пространство для работающих людей и размещения оборудования. Она должна быть простой, легко устанавливаться и извлекаться.

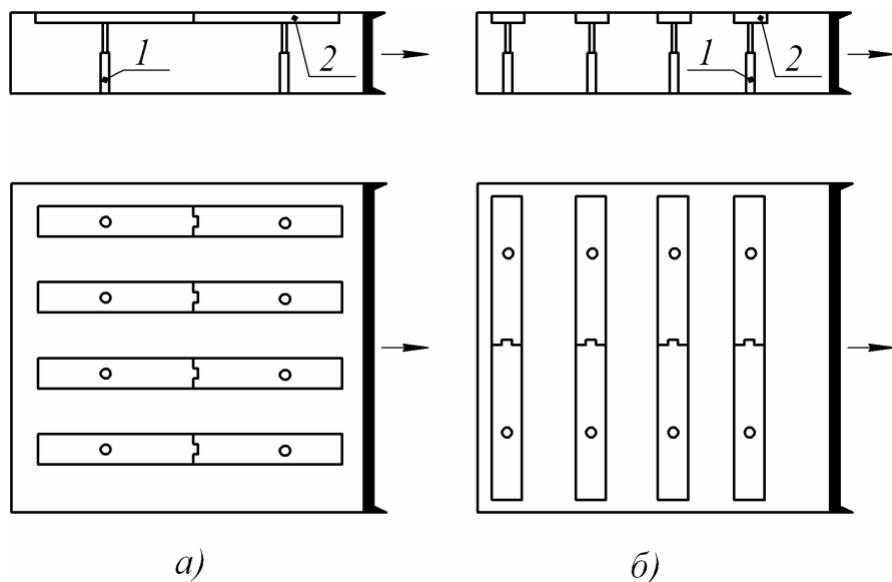


Рис. 2.15. Призабойная крепь: 1 – стойки, 2 – верхняки

Рамы призабойной крепи могут располагаться перпендикулярно (рис. 2.15, а) линии забоя или параллельно (рис. 2.15, б) ей. Верхняки

рекомендуется располагать перпендикулярно трещинам в кровле. При механизированной выемке угля, что более всего распространено на пологом и наклонном падении, верхняки располагают перпендикулярно забою. Расстояние между рамами по падению равно 0,8–1,0 м.

При разработке крутонаклонных и крутых пластов средней мощности и в некоторых других условиях, где выемка угля осуществляется буровзрывным способом, рамы располагают по падению (параллельно забою). При наличии почв, склонных к сползанию, стойки устанавливают на лежни. Расстояние между рамами равно 0,9–1,0 м.

Расстояние между стойками в рамках может быть различным и составлять в среднем 0,7–1,0 м, иногда более. Число стоек, приходящееся на 1 м<sup>2</sup> площади обнаженной кровли, называют плотностью крепи.

Призабойная крепь может быть деревянной или металлической. Применение деревянной крепи связано с большим расходом леса. Тем не менее, рамы, устанавливаемые по падению, обычно состоят из деревянных элементов. Стойки делают из круглого леса диаметром до 20–25 см и длиной, соответствующей мощности пласта без толщины верхняка. В качестве верхняков используют распилы длиной до 2–3 м. Укладывают их плоской стороной к кровле.

Деревянная крепь в качестве основной применяется в условиях, для которых еще не созданы механизированные крепи или применение их пока нерационально. В качестве вспомогательной она применяется довольно широко.

При механизированной выемке наиболее целесообразной является металлическая крепь. Ее применение улучшает состояние кровли и увеличивает безопасность работ.

**Металлические стойки.** В зависимости от рабочей характеристики металлические стойки подразделяются на жесткие и податливые. Жесткие металлические стойки не применяются. По способу достижения податливости металлические стойки подразделяются на стойки трения и гидравлические.

**Стойка трения** состоит из выдвижной части, корпуса и замкового устройства. Выдвижная часть удерживается в рабочем положении за счет сил трения, возникающих в замковом устройстве. В настоящее время изготавливаются металлические стойки трения постоянного сопротивления типов ТУ, Т, ТЖ. Они предназначены для крепления на пластах мощностью от 0,5 до 2,5 м.

Начальное сопротивление стойки обеспечивается силами трения, возникающими между поверхностями выдвижной части и замка при забивке горизонтального клина.

**Гидравлические стойки** изготавливают с внутренним и внешним питанием.

Стойка с внутренним питанием является полностью автономным механизмом, включающим насос с механизмом привода, силовой цилиндр, резервуар для рабочей жидкости, предохранительный и разгрузочный клапаны. К ним относятся стойки типов ГСУМ и 2ГСК. В стойках с внешним питанием подача рабочей жидкости под давлением осуществляется от вынесенной насосной станции с резервуаром для рабочей жидкости.



*Рис. 2.16. Гидравлические стойки ГСУ*

Изменение типоразмеров гидравлических стоек по высоте достигается путем применения ряда сменных насадок. Верхние насадки могут быть для деревянных и металлических верхняков.

В качестве рабочей жидкости в гидравлических стойках могут применяться минеральное масло и водомасляная эмульсия.

Гидравлические металлические стойки в настоящее время являются основным типом индивидуальной крепи, особенно со средствами узкозахватной выемки. По сравнению со стойками трения они имеют следующее преимущество: стабильную характеристику постоянного со-

противления, не зависящую от внешних условий. Как показали исследования, в шахтных условиях их фактическое рабочее сопротивление почти на 30 % превышает сопротивление стоек трения; обеспечивается более высокое начальное сопротивление, позволяющее стойке быстрее достичь рабочего сопротивления. Это уменьшает расслоение и опускание кровли в лаве, улучшает ее состояние; уменьшается трудоемкость работ по креплению и извлечению стоек; возможны дистанционная разгрузка и, как следствие, снижение потерь в процессе эксплуатации. Вместе с тем гидравлические стойки имеют более высокую стоимость, требуют большей осторожности в эксплуатации.

Применение металлических стоек повышает безопасность работ, значительно снижает расход лесных материалов, способствует внедрению более эффективных технологических схем выемки угля. Однако, чтобы применение их было эффективным, они должны использоваться многократно.

### **2.3.6.2. Посадочная крепь**

**Посадочная крепь**, выполняющая функцию режущей опоры при управлении кровлей полным обрушением, может быть деревянной и металлической. Деревянная посадочная крепь имеет ограниченное распространение, например при немеханизированной выемке.

Деревянная посадочная крепь может быть в виде органного ряда – стойки, установленные всплошную в одну линию вдоль очистного забоя. Он может быть одно- или многорядным. Органная и другие деревянные крепи могут применяться в отдельных случаях как специальная крепь вспомогательного назначения.

В качестве посадочной металлической крепи на пологих пластах мощностью 0,42-2 м с углом падения до 25° широко применялись посадочные стойки ОКУ (рис. 2.17). Стойка состоит из станины 1, основного винта 2, настроичного винта 3, насадки 4 и замкового устройства с колодкой 5 и горизонтальным клином 6.

Стойки располагаются на границе призабойного пространства по линии обрушения, образуя посадочный ряд при управлении кровлей полным обрушением.

Стойки типа ОКУ делятся на три группы по рабочему сопротивлению и податливости соответственно:

I – 1000 кН, 0-40 мм;

II – 1500 кН, 0-80 мм;

III – 2000 кН, 0-140 мм.

Разгрузка стойки из-под давления осуществляется под защитой соседней. Передвижка стойки на новое место может производиться с помощью ручной лебедки, либо вручную при небольшой ее массе.

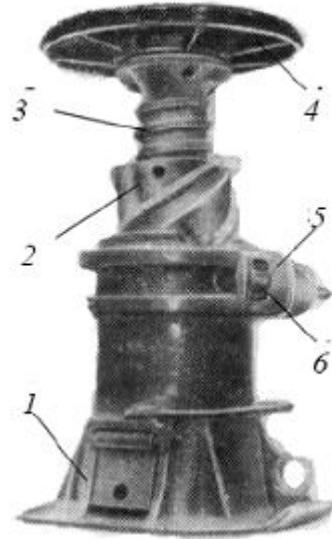


Рис. 2.17. Посадочная крепь ОКУ

Установка стойки ОКУ производится в следующем порядке:

- вывинчивается ломиком основной винтовой стержень в рабочее положение;
- выполняется расклинивание замка клином;
- создается начальный распор настроенным винтовым стержнем.

Посадочные стойки ОКУМ устанавливают на линии обрушения кровли. Расстояние между ними составляет 1,5–2,0 м. В отдельных случаях при большом горном давлении их устанавливают в два ряда в шахматном порядке.

Достоинства гидростоеек по сравнению со стойками трения:

- стабильная рабочая характеристика постоянного сопротивления;
- высокий начальный распор и малая упругая податливость, обеспечивающая лучшее состояние кровли;
- более низкая трудоемкость работ по креплению и повышение безопасности работ.

Недостатки гидростоеек:

- повышенные требования к их эксплуатации и ремонту;
- небольшая раздвижность;
- относительно высокая стоимость;
- не рекомендуется применять гидростойки при буровзрывном и гидравлическом способах выемки.

### **2.3.6.3. Механизированные крепи**

**Механизированной** называется крепь очистных комплексов и агрегатов, все секции которой кинематически связаны между собой и передвигаются с помощью домкратов вслед за подвиганием забоя. Она состоит из отдельных секций, каждая из которых преимущественно имеет основание, гидравлические стойки, верхняк и гидравлический домкрат для передвижения секций. Механизированная крепь ограждает призабойное пространство, механизирует процесс крепления и управления кровлей. Секции механизированной крепи устанавливаются в забое по всей длине лавы. Подавляющее большинство механизированных крепей предназначены для пологих и наклонных пластов.

По характеру взаимодействия с боковыми породами механизированные крепи подразделяются на крепи **оградительного, поддерживающего, оградительно-поддерживающего и поддерживающе-оградительного** типов.

**Крепи оградительного** типа содержат только оградительные элементы, препятствующие проникновению обрушенных пород в призабойное пространство. В современных типах механизированных комплексов распространения не получили.

**Крепи поддерживающего** типа имеют верхняк, поддерживающий кровлю на всей ширине призабойного пространства, применяются на пластах тонких и частично средней мощности. Оградительные элементы либо отсутствуют, либо выполняют вспомогательную роль, предотвращая проникновение обрушенных пород кровли в рабочее пространство лавы.

К крепям поддерживающего типа относятся крепи М87, КД90, МТ и др.

**Оградительно-поддерживающая крепь** имеет серповидное ограждение, поддерживающее обрушенные Породы кровли и предотвращающее их проникновение в рабочее пространство лавы, а также козырек, поддерживающий кровлю непосредственно у забоя. К крепям этого типа относятся крепи механизированных комплексов ОКП, УКП, КПК.

**Крепи поддерживающе-оградительного типа** имеют поддерживающие и оградительные элементы, активно воспринимающие нагрузку со стороны поддерживаемых пород кровли. К крепям этого типа относятся крепи М130, М138 и др.

Секции механизированных крепей могут быть одно- и многостоечные. По числу рядов стоек они могут быть одно-, двух и трехрядными. Крепи оградительно-поддерживающего типа, как правило, одностоечные, но бывают и с двумя гидростойками. Одностоечные секции менее устой-

чивы. Многостоечные секции применяют в крепях поддерживающего и поддерживающе-оградительного типов.

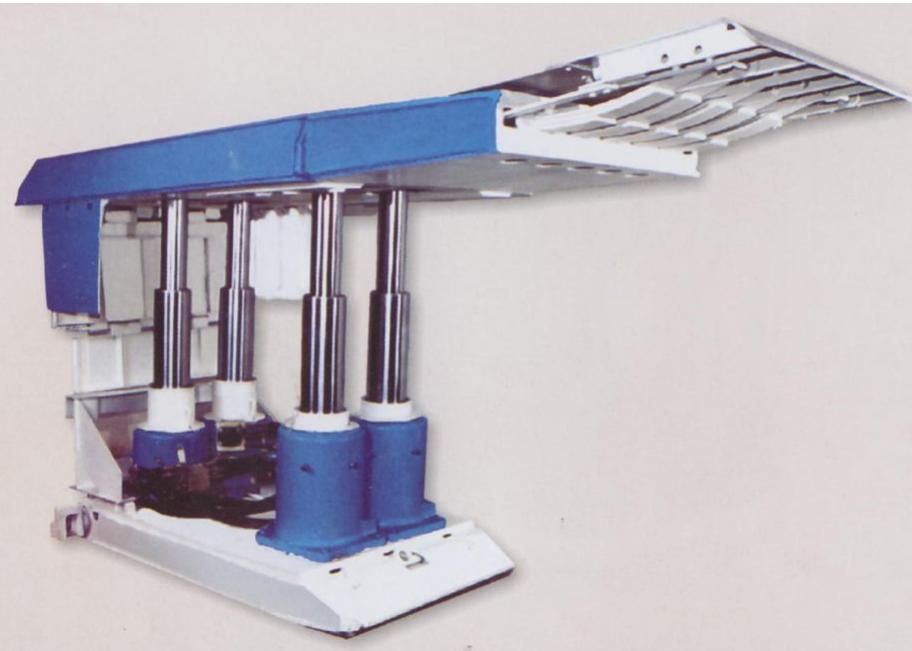


Рис. 2.18. Механизированная крепь МТ-1,5 поддерживающего типа



Рис. 2.19. Механизированная крепь Юрмаши 14/28 поддерживающе-оградительного типа

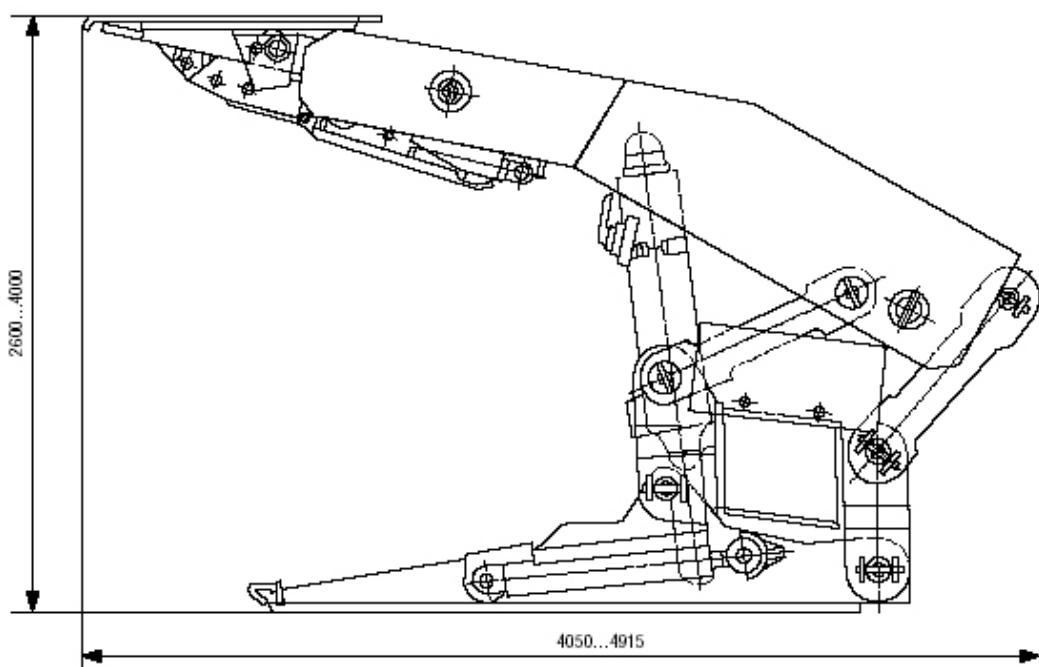


Рис. 2.20. Механизированная крепь ЗОКП70Б ограждающе-поддерживающего типа

У большинства механизированных крепей гидродомкрат передвижения секций расположен внизу (МТ, ОКП и др.), этим же домкратом осуществляется передвижка конвейера. У крепи М130 домкрат передвижения секций расположен вверху; для передвижки конвейера имеется специальный домкрат.

Секции механизированной крепи в забое могут перемещаться последовательно вслед за выемкой угля (основная схема) или через одну (сначала четная, затем нечетная) в различных вариантах.

#### **2.3.6.4. Щитовые перекрытия**

При разработке крутых пластов в ряде случаев выемка угля производится в нисходящем порядке под защитой щитовых перекрытий различных конструкций. Они подразделяются на оградительные и ограждаительно-поддерживающие. Оградительные щитовые крепи опираются на целики угля, а ограждательно-поддерживающие распираются между кровлей и почвой.

Щитовые крепи крутых пластов подразделяются на секционные, бессекционные, арочные, распорные и др. Секционные щиты в зависимости от мощности пласта могут быть одинарные, сдвоенные (соединены гибкой связью). Щитовые крепи на крутых пластах перемещаются под действием собственного веса и веса налегающих пород. На круто-наклонных пластах применялись самопередвигающиеся щиты и щиты с принудительной подачей.

Щитовое перекрытие состоит обычно из четырех-пяти секций. Длина секции по простианию 6 м. Секции укладываются рядом и связываются между собой канатами. Размер секции вкрест простираия принимают на 0,5–1,0 м меньше мощности пласта, оставляя у кровли и почвы пласта пачки угля. Это необходимо для предотвращения прорыва породы под щит и нормального движения щита при изменении мощности пласта.

На основе передвижных механизированных крепей созданы и широко применяются в очистных забоях механизированные комплексы оборудования и агрегаты, в которые входят помимо крепей узкозахватные комбайны или струговые установки, безразборные передвижные конвейеры, крепи сопряжения лавы с выемочными выработками и другие машины и механизмы, обеспечивающие механизацию всех процессов и операций по выемке полезного ископаемого. Очистные забои, оборудованные такими комплексами, называют комплексно-механизированными.

### **2.4. Технология горных работ на рудниках**

Технологические поверхностные комплексы рудников в основном идентичны комплексам угольных шахт (на тех и других имеются административно-бытовые комбинаты (АБК), стационарные установки – подъемные, компрессорные, вентиляторные и др., комплексы приемки и складирования полезных ископаемых).

На рудниках основным способом добычи руд и проходки выработок является буровзрывной с применением бурильных и буровых ма-

шин ударно-вращательного действия, для привода которых используется во многих случаях пневматическая энергия, поэтому на многих рудниках-предприятиях (в отличие от угольных шахт) имеются мощные компрессорные станции для выработки сжатого воздуха и развитая трубопроводная сеть его подачи в подземные выработки.

Имеются определенные конструктивные особенности машин и оборудования и их схем компоновки для подготовки и погрузки руд в железнодорожные вагоны и склады (дробление, разделение по сортам и др.), а также на обогатительную фабрику, где отделяют ценные компоненты, а пустые породы, так называемые хвосты, складируют.

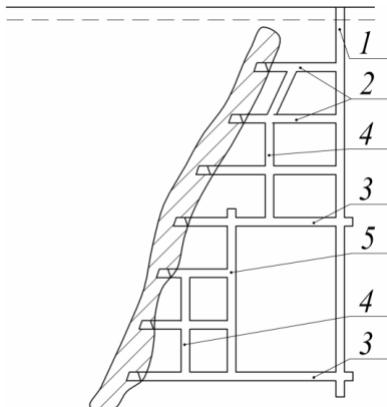
#### **2.4.1. Потери и разубоживание руды**

Полнота и качество извлечения руды из недр оцениваются уровнем **потерь** и **разубоживанием** руды. Часть балансовых запасов руды, безвозвратно оставляемая по разным причинам в недрах, называется **потерями руды**. Одновременно при добыче всегда происходит **разубоживание** руды, т.е. снижение содержания полезного компонента в рудной массе по сравнению с содержанием его в массиве руды. Потери руды, выраженные в долях единицы или процентах, являются количественными показателями извлечения руды, а разубоживание – качественным.

#### **2.4.2. Вскрытие и подготовка рудных месторождений**

Залежи рудных месторождений большей частью имеют крутое или наклонное залегание. В целях удобства разработки их по падению делят на **этажи**. Обычно вертикальная высота этажа составляет 60–80 м, в отдельных случаях она может быть равной 20–30 м или достигать 300 м. Этажи по простиранию делят на **блоки** длиной 50–60 м. В пределах блока на его границе по простиранию проводят блоковые восстающие, соединяющие откаточный и вентиляционные горизонты. Каждый блок является самостоятельной добычной единицей, где осуществляется очистная выемка руды. Горизонтальные залежи штреками делят на панели.

На рудных месторождениях в зависимости от горно-геологических условий залегания рудных тел применяют вскрытие **вертикальными, наклонными стволами** или **штолнями**. Этим основным вскрывающим выработкам присущи те же достоинства и недостатки, что и на угольных месторождениях.



*Рис. 2.21. Вскрытие вертикальными стволами с концентрационными горизонтами: 1 – главный ствол; 2 – этажные квершилаги промежуточных горизонтов; 3 – квершилаги концентрационных горизонтов; 4 – рудоспуски; 5 – слепой ствол*

При разработке рудных тел большой протяженности в глубину применяют на нижних горизонтах вскрытие слепыми стволами, иногда с концентрационными горизонтами (рис. 2.21). Главный ствол проводят на всю глубину залегания рудного тела с образованием концентрационных горизонтов, на которые отбитая руда по рудоспускам перепускается с промежуточных горизонтов. Промежуточные горизонты служат только для подготовки добываемых блоков и вспомогательных целей (транспорт материалов и оборудования, доставка людей, проветривание и т.п.) Площадь поперечного сечения выработок этого горизонта меньше, чем концентрационного.

#### **2.4.3. Основные производственные процессы**

При очистной выемке руды выполняются следующие основные производственные процессы: *отбойка руды, вторичное дробление, выпуск и доставка руды* до откаточного горизонта, *управление* горным давлением. На эти процессы приходится до 50 % всех затрат труда при подземной добыче руд. Взаимовлияние основных производственных процессов на их технико-экономические показатели весьма существенно. Плохое дробление руды при отбойке и в блоке обуславливает рост затрат на вторичное дробление и снижение производительности доставки. Вторичное дробление руды с помощью взрывных работ вызывает простой в выполнении других работ, например по выпуску руды. Поэтому качественное выполнение предыдущего производственного процесса благоприятно влияет на выполнение последующего.

Особенности рудных месторождений существенно влияют на содержание технологических процессов при очистной выемке руды, обу-

словливают другие приемы и средства их осуществления по сравнению с угольными месторождениями.

#### 2.4.3.1. Способы отбойки руды

**Отбойка** – это процесс отделения части руды от массива в блоке с одновременным дроблением ее на куски. Она должна обеспечивать более полное отделение руды от массива в пределах проектного контура, минимальные законтурные обрушения массива и хорошее качество дробления. Отбойка руды осуществляется с применением буровзрывных работ, механических средств и самообрушения. Выбор способа отбойки руды зависит от таких факторов, как физико-механические свойства руды, горно-геологические условия и принятая система разработки.

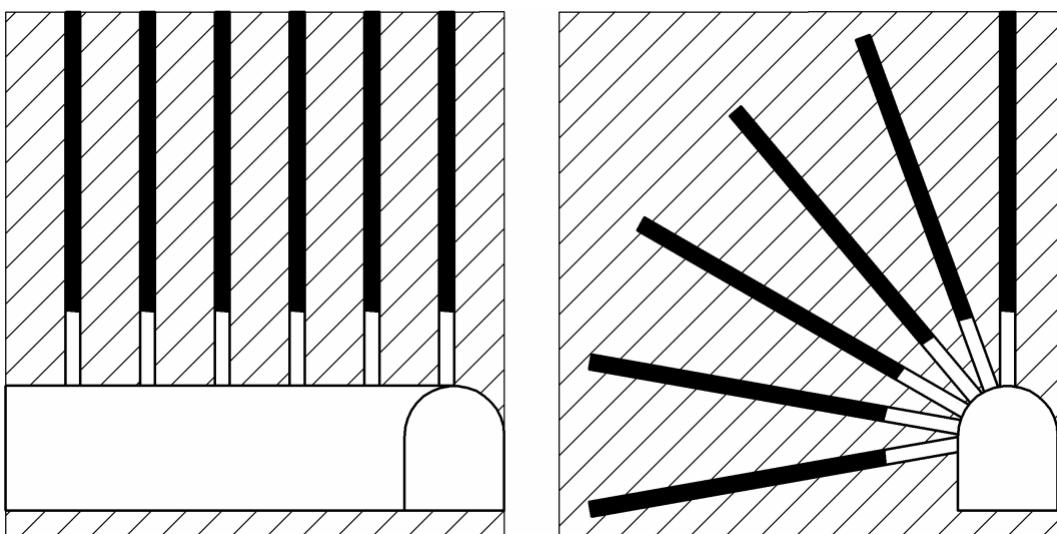
При подземной добыче в основном применяют взрывную отбойку. Ее превалирующее значение в обозримом будущем сохраняется. Применяют следующие способы взрывной отбойки: *шпуровой, скважинный и минный* (сосредоточенными зарядами).

При *шпуровой* отбойке в рудном массиве бурят шпуры глубиной до 5 м и диаметром до 75 мм. Наиболее распространены шпуры глубиной 2–3,5 м, диаметром 40–50 мм. Применяют вращательное, ударно-поворотное и ударно-вращательное бурение шпурков. Вращательное бурение электросверлами на рудниках применяют довольно редко, при крепости руд до 4–6. В основном применяют ударно-поворотное бурение пневматическими перфораторами или ударно-вращательное бурение пневматическими или гидравлическими перфораторами. Применяются также ручные (на пневмоподдержке), телескопные и колонковые перфораторы на самоходных буровых установках.

*Скважинная отбойка* руды осуществляется вертикальными, горизонтальными или наклонными слоями. Наиболее распространена отбойка вертикальными слоями. Перед началом отбойки руды буровзрывными работами образуют вертикальную отрезную щель, являющуюся начальным открытым компенсационным пространством. Как правило, в нижней части очистного блока над выпускными выработками делают подсечку в виде горизонтальной щели.

Расположение скважин в отбиваемом вертикальном слое может быть *параллельным* и *веерным* (рис. 2.21). При параллельном расположении скважин в ряду достигается более равномерное дробление руды, но увеличиваются затраты на буровзрывные работы, что связано с необходимостью проведения буровых выработок, перемещением бурового станка и пр. При веерном расположении скважин дробление руды ока-

зывается неравномерным, но меньше затраты на их бурение, так как все скважины веера бурят с одной установки бурового станка.



*Рис. 2.21. Параллельное и веерное расположение скважин*

Обычно применяют многорядное (до 5 слоев) короткозамедленное взрывание скважин. Расстояние между рядами скважин и между скважинами в ряду 2–2,5 м.

В практике отбойки руды применяют также параллельно сближенные и пучковые комплекты скважин.

В настоящее время применяются следующие способы бурения скважин:

- **штанговое** – тяжелыми телескопическими колонковыми перфораторами. Диаметр скважин 50–70 мм. Глубина бурения от 12–15 до 20–25 м и более при крепости руды от  $f=6$ –14 ед. Производительность бурения 30–70 м/смену. Широко применяются самоходные буровые установки;
- **погруженными пневмоударниками**. Диаметр скважин 85, 100 мм и более. Производительность бурения зависит от крепости руд и колеблется от 5–7 (очень крепкие руды) до 15–20 м/смену;
- **шарошками**, армированными твердыми сплавами. Диаметр скважин 150 мм и более. Глубина бурения 50–60 м. Применяется в крепких и весьма крепких рудах. Производительность шарошечного бурения выше пневмоударного в 2–3 раза;
- **вращательное твердосплавными и алмазными** кольцевыми коронками. Диаметр скважин 80–100 мм. Крепость руд  $f=6$ –8 ед. Производительность бурения 20–40 м/смену.

*Механическая* отбойка применяется при добыче относительно мягких руд (марганца, калийной соли) с помощью комбайнов.

*Самообрушение* как наиболее экономичный способ отделения руды от массива применяется крайне редко. Оно происходит в очистных блоках под действием собственного веса трещиноватых руд и давления налегающих пород. При этом способе невозможно управлять качеством отбойки.

#### 2.4.3.2. Вторичное дробление руды

По условиям технологического процесса отбитая руда должна иметь куски определенной крупности. Максимально допустимый размер кусков, на который рассчитываются выпускные выработки и все погрузочное и транспортное оборудование, называется **кондиционным**. Размер кондиционных кусков обычно принимают от 300–400 до 800–1000 мм, при разработке тонких жил – 200–250 мм. При отбойке руды взрывным способом образуется некоторое количество некондиционных, крупных кусков, так называемых **негабаритов**. Выход негабарита составляет 5–12 % при больших размерах негабаритного куска и достигает 20–25 % при небольших размерах. Чтобы обеспечить транспортабельность таких кусков, их необходимо подвергнуть дополнительному дроблению на более мелкие куски, т.е. осуществить вторичное дробление.

Для дробления негабарита применяют взрывчатые вещества или механические дробилки. При дроблении взрывчатыми веществами используют **накладные** или **шпуровые заряды**, глубиной 15–20 см. Наиболее распространен взрывной способ дробления негабарита.

Вторичное дробление руды может осуществляться в самом очистном пространстве, если в него возможен безопасный доступ, в выпускных и доставочных выработках. Иногда для вторичного дробления образуют специальные выработки (выработки горизонта дробления при донном выпуске руды).

Взрывной способ дробления негабарита может осуществляться в горловине выпускной выработки на вибропитателе, на почве доставочной выработки с самоходным оборудованием (рис. 2.22).

Чаще всего при выпуске руды негабаритные куски зависают в горловине выпускной выработки.

Ликвидируют эти зависания фугасными зарядами массой до 10 кг, которые прикрепляют к деревянным шестам. Для ликвидации высоких зависаний испытаны специальные стреляющие системы-гранатометы. Негабаритные куски, прошедшие через горловину выпускной выработки, подвергаются вторичному дроблению на почве выработки или непосредственно на вибропитателе. При доставке руды самоходным обору-

дованием негабаритные куски складируют самой машиной в дробильной камере или в каком-либо другом месте, а затем подвергают дроблению взрывным способом.

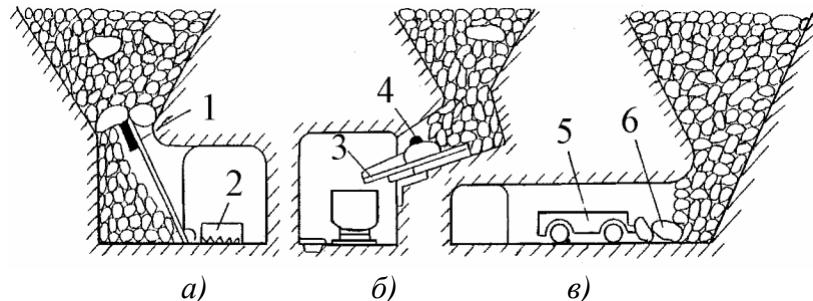


Рис. 2.22. Схемы вторичного дробления руды в выпускной выработке при доставке скрепером (а), вибропитателем (б), самоходной установкой (в):  
1 – фугасный заряд, 2 – скрепер, 3 – вибропитатель, 4 – накладной заряд, 5 - самоходная погрузочная машина, 6 – негабарит

Другие, невзрывные способы дробления негабаритных кусков в подземных рудниках широкого применения не нашли. Иногда используют стационарные бутобои грохотов в выработках вторичного дробления руды.

#### 2.4.3.3. Системы разработки рудных месторождений

На рудниках системы разработки отличаются большим разнообразием: при естественном поддержании очистного пространства – сплошная или камерная, камерно-столбовая или с отбойкой из магазина; без поддержания выработанного пространства – этажное принудительное обрушение со сплошной выемкой или с компенсационными камерами, этажное самообрушение, подэтажное обрушение с торцевым или донным выпуском руды; при искусственном поддержании очистного пространства – однослойная или раздельная выемка с закладкой, выемка горизонтальными или наклонными слоями с закладкой, нисходящая слоевая выемка с твердеющей закладкой, столбовая или слоевая с обрушением.

При этом необходимо отметить, что закладка выработанного пространства производится с помощью специальных смесей и позволяет обеспечить управление горным давлением, более полное извлечение полезных ископаемых и многие другие условия рационального использования недр.

Ниже приведены в качестве примеров краткие описания некоторых систем разработки, применяемых на рудниках.

**Системы разработки с естественным поддержанием очистного пространства** получили распространение главным образом при устойчивых руде и вмещающих породах. Очистное пространство поддерживается в основном за счет естественной устойчивости руды и вмещающих пород, а также за счет частичного или полного магазинирования руды. К таким системам относятся: сплошная система разработки; камерно-столбовая система; камерная система разработки; система разработки с отбойкой из магазинов; система разработки крутых мало мощных залежей горизонтальными слоями в нисходящем порядке и некоторые другие.

**Магазинирование полезного ископаемого** – это накопление отбитого полезного ископаемого в очистной выработке. Если магазинирование ведется на всю высоту этажа (блока), то оно называется **полным**, а если отдельными частями – **частичным** или **слоевым**. Применяется на залежах полезного ископаемого с углами падения свыше  $55^\circ$ , мощностью 0,5–3 м, реже 5 м с выдержаными элементами залегания и устойчивыми боковыми породами.

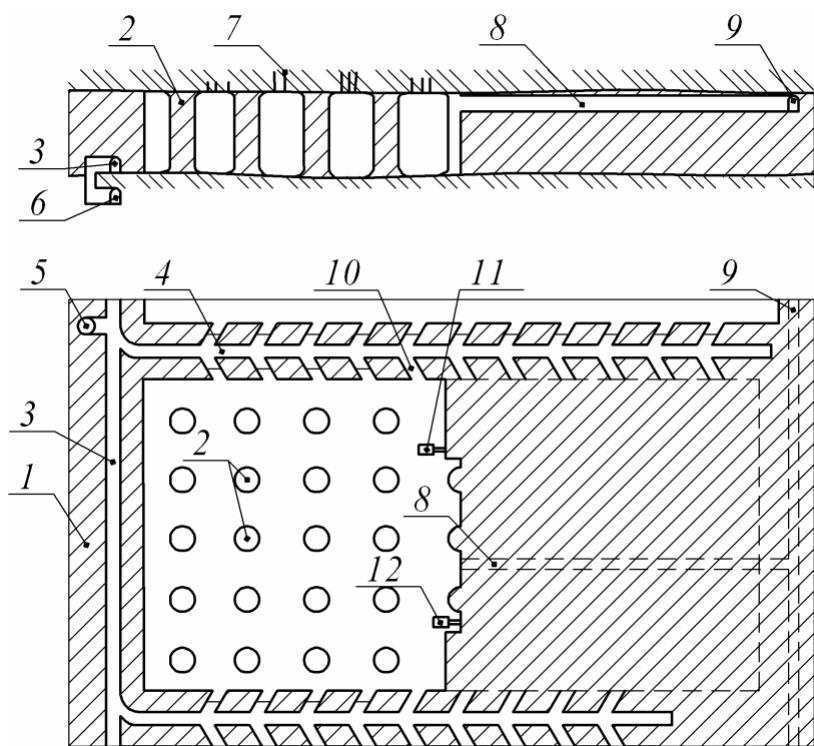


Рис. 2.23. Сплошная система разработки: 1 – ленточный целик; 2 – опорные целики; 3 – откаточный штrek; 4 – панельный штrek; 5 – рудоспуск; 6 – основной откаточный штrek; 7 – анкерная крепь; 8,9 – вентиляционные выработки, 10 – сбойки; 11 – буровая каретка; 12 – погрузочно-доставочная машина

**Сплошную систему разработки** (рис. 2.23) применяют в основном в пологих и наклонных залежах малой и средней мощности, в отдельных случаях мощностью до 20–25 м и более (устойчивые руды и вмещающие породы) и при не очень ценной руде в связи со значительными ее потерями в целиках.

Панели, на которые нарезают шахтное поле, отрабатывают без деления на блоки. Забой располагают по всей ширине панели. Выемку руды ведут на полную мощность залежи или двумя-тремя слоями по высоте, начиная с верхнего. Кровля поддерживается постоянными целиками – сплошными по границам панелей (панельными) и столбообразными круглой формы внутри панелей (опорными).

При очистной выемке применяют самоходное оборудование. Шпуры глубиной 2–4,5 м бурят с помощью самоходных бурильных установок и заряжают с самоходных площадок. При расстоянии доставки до 200–300 м обычно используют самоходные погрузочно-доставочные машины (ПДМ), а при большем расстоянии – экскаваторы или погрузочные машины в комплексе с автосамосвалами.

При малой мощности и размере залежей применяют скреперную доставку или рельсовую откатку руды в забое.

**Камерно-столбовую систему** применяют в основном в двух вариантах: с доставкой руды в очистном пространстве самоходным оборудованием при углах падения залежи до 20–25° и со взрывной доставкой руды при углах 25–45°.

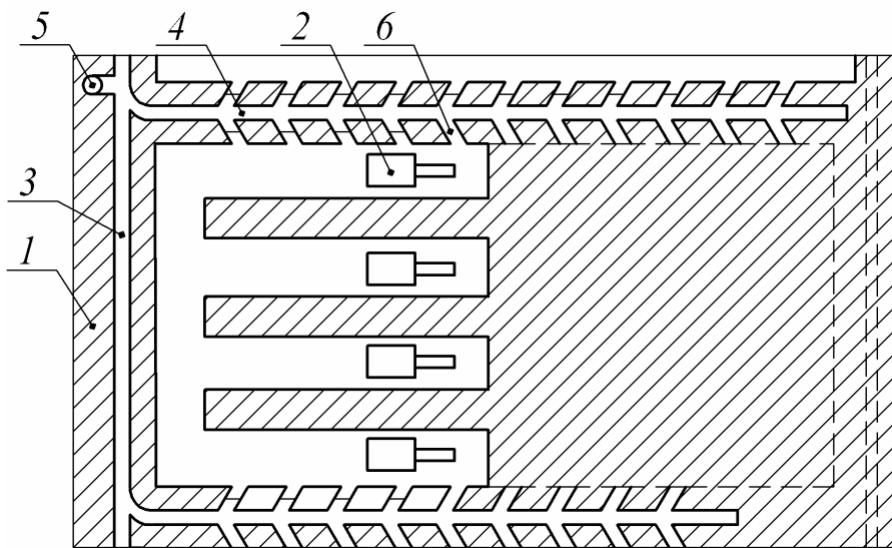


Рис.2.24. Камерно-столбовая система разработки: 1 – ленточный целик; 2 – комбайн типа «Континиус Майнер»; 3 – откаточный штрек; 4 – панельный штрек; 5 – рудоспуск; 6 – сбойки

В варианте с доставкой руды самоходным оборудованием камеры располагают по простиранию залежи. На глубине разработки около 200 м ширина камер составляет 12 м, размеры столбовых целиков – 6 x 8 м; на глубине 400–500 м ширина камер 8 м, оставляются сплошные целики шириной 6 м или столбообразные шириной 6–8 м и длиной 12 м. Барьерные целики шириной 20 м располагают на границах этажей. При мощности залежи более 3 м используют самоходные бурильные установки, ковшовые погрузочно-доставочные машины, гусеничные погрузочные машины с нагребающими рычагами в комплексе с автосамосвалами. В залежах мощностью более 6 м камеры отрабатывают слоями, начиная с верхнего.

На очистных работах применяют бурильные установки на салазках для бурения веера скважин диаметром 40–60 мм, бульдозеры с дистанционным управлением, погрузочно-доставочные машины

Камерно-столбовая система отличается от сплошной системы тем, что выемка руды осуществляется отдельными камерами, между которыми оставляют опорные целики – сплошные при малоценной руде или в виде столбов.

## **ГЛАВА 3. Технология добычи полезных ископаемых открытым способом**

### **3.1. Общие сведения**

Совокупность горных выработок, оборудованных для добычи полезных ископаемых открытыми горными работами и входящих в состав самостоятельной производственно-хозяйственной единицы горного предприятия, называется карьером. Карьеры, добывающие уголь, называют разрезами.

Весь комплекс производственных процессов на карьерах и разрезах можно разделить на следующие основные элементы:

- 1) подготовка земной поверхности в пределах месторождения или участка его, намеченного к разработке;
- 2) осушение поля карьера и ограждение его от поступления воды;
- 3) проведение капитальных открытых выработок (вскрытие поля карьера);
- 4) вскрышные работы (удаление покрывающих пустых пород);
- 5) добывчные работы (добыча полезных ископаемых).

Подготовка земной поверхности заключается в рубке и корчевке леса, осушении болот, отводе русел рек и ручьев за пределы участка и пр.

Подготовку поверхности, осушение участка или всего месторождения, вскрышные и очистные работы ведут в последовательном порядке, а при развитии горных работ осуществляют параллельно, но в последовательности, соответствующей технологии открытых работ.

Вскрышные и добывчные работы включают в себя следующие процессы: выемку, транспортировку и разгрузку пустых пород и полезного ископаемого.

В зависимости от физических свойств пород и полезного ископаемого возможна их непосредственная выемка механическими средствами или же необходима предварительная подготовка к такой выемке с помощью взрывных работ.

Современные способы открытой разработки месторождений характеризуются применением, главным образом, механических и гидромеханических средств (в меньшей степени) производства горных работ.

Основным оборудованием при механическо-экскаваторном производстве работ являются экскаваторы, буровые станки и установки, различные средства транспорта, основные сведения о которых изложены ниже в специальных разделах.

Транспорт предназначен для перемещения полезного ископаемого

и пустых пород. Полезное ископаемое транспортируют на обогатительные фабрики, заводы и электростанции, а также на железнодорожные станции для отправки потребителям. Пустые породы перемещают в отвалы, которые располагают за пределами разрабатываемого месторождения или в выработанном пространстве. В первом случае отвалы называют внешними, во втором – внутренними.

Транспортными средствами при открытом способе добычи являются железнодорожные составы, большегрузные автомобили (грузоподъемность от 8 до 180 т и более) и ленточные конвейеры. В отдельных случаях пустые породы перемещают в выработанное пространство с помощью экскаваторов без применения транспортных средств. Такой способ горных работ принято называть бестранспортной системой разработки месторождения.

Разгрузка пустых пород производится на отвалах, не имеющих стационарных устройств и перемещающихся в процессе производства горных работ.

### **3.2. Условия залегания месторождений, разрабатываемых открытым способом**

Открытым способом разрабатываются месторождения полезных ископаемых любой формы, залегающих в разнообразных природных условиях.

**По положению залежи** относительно дневной поверхности различаются месторождения: поверхностного типа, расположенные на поверхности или покрытые наносами небольшой мощности; глубинного типа, расположенные значительно ниже уровня поверхности; нагорного типа, расположенные на возвышенности или склоне горы; высотно-глубинного типа, частично расположенные на горе или на горном склоне.

**По углу наклона** к горизонту различают следующие залежи: горизонтальные или слабонаклонные – до 10–15°; наклонные – от 10 до 30°; крутые – более 30°.

**По мощности** различают залежи: тонкие – до 2–3 м; малой мощности – до 10–20 м; средней мощности – 20–30 м; большой мощности – более 30–50 м.

**По структурному строению** и распределению качества: залежи простые однокомпонентные с однородным строением и равномерным распределением качественных признаков; сложноструктурные многосортные и многокомпонентные.

**По преобладающим типам пород:** скальные вскрышные породы и крепкие руды; мягкие и плотные покрывающие породы; полускальные

вскрышные породы и полезные ископаемые; мягкие вскрышные породы и мягкие или плотные полезные ископаемые.

Тип пород определяет в основном выбор технологической схемы и моделей основного выемочного и транспортного оборудования.

### 3.3. Основные элементы открытых горных работ

Месторождение при открытой разработке разделяют на отдельные слои, обычно по признаку однородности полезного ископаемого или пустых пород.



Рис. 3.1. Основные элементы карьера

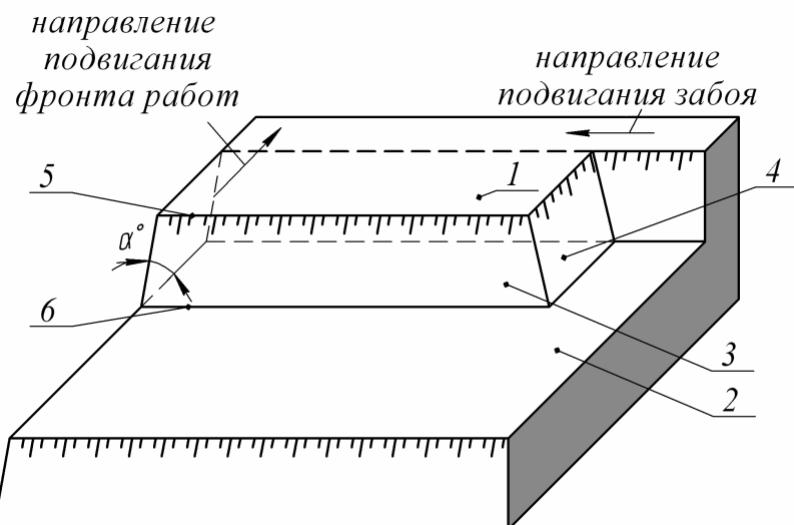


Рис. 3.2. Элементы уступа: 1 – кровля; 2 – подошва; 3 – откос; 4 – торец (забой); 5 – верхняя бровка; 6 – нижняя бровка

В процессе разработки горизонтальные слои приобретают уступную форму (рис. 3.1). Уступом при открытых работах (рис. 3.2) называют часть толщи пустых пород или полезною ископаемого, разрабатываемого самостоятельными средствами выемки и транспортирования.

Уступ имеет кровлю 1, подошву 2, откос 3, торец (забой) 4, верхнюю 5 и нижнюю 6 бровки, угол откоса  $\alpha$ .

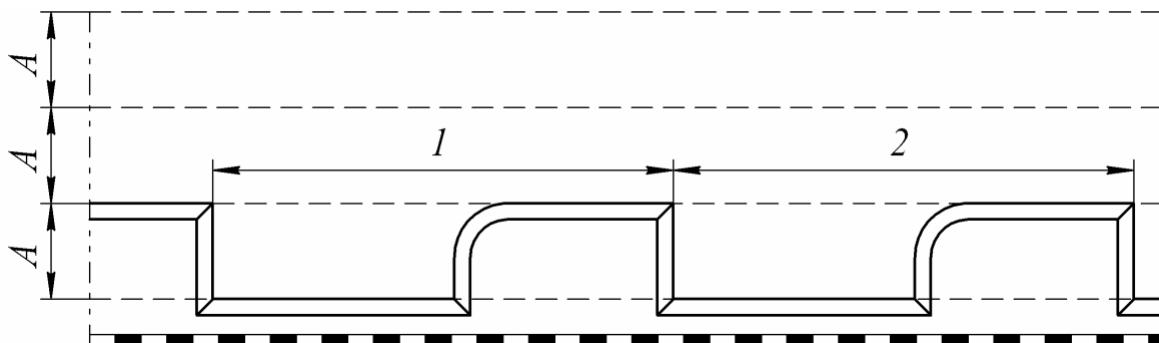


Рис. 3.3. Порядок отработки уступа: А – заходки; 1,2 – блоки

Часть уступа по его высоте, которую разрабатывают самостоятельными средствами, но обслуживают транспортом, общим для всего уступа, называют подуступом. Горизонтальные поверхности, ограничивающие уступ по высоте, называют соответственно нижней и верхней площадками.

Уступы отрабатывают отдельными полосами (рис. 3.3) определенной ширины на всю длину уступа, называемыми заходками.

Горизонт, на котором располагают основное погрузочное оборудование, называют рабочим горизонтом, а площадку, на которой это оборудование размещается – рабочей площадкой.

Доступ с земной поверхности к рабочим горизонтам обеспечивается путем проведения капитальных траншей, а подготовка отдельных уступов к разработке – путем проведения разрезных траншей (рис. 3.4).

Траншеи имеют трапециевидное поперечное сечение, с боков они ограничены бортами, а снизу подошвой. Путем проведения разрезных траншей на уступах создается первоначальный фронт работ.

Этапы вскрытия при разработке горизонтальных и пологих месторождений включают обычно проведение одной или двух внешних капитальных траншей, разрезных траншей по вскрышным породам и по полезному ископаемому. После проходки разрезной траншеи по вскрышным породам отрабатывают две–три заходки и создают тем самым необходимое опережение вскрышных работ для проходки разрезной траншеи по полезному ископаемому. Последовательность развития работ при вскрытии горизонтального пласта показана на рис. 3.4. Сначала (рис. 3.4, а) с поверхности до кровли пласта проводят наклонную капитальную траншею 1. Затем горизонтальную разрезную траншею 2. Далее один борт траншеи разносят (рис. 3.4, б), освобождая рабочую пло-

щадку 3 (рис. 3.4, в), ширина которой должна обеспечить размещение оборудования и возможность проведения разрезной траншеи по пласту. После проведения второй капитальной траншеи 4, которая опускается на почву пласта, проводят разрезную траншею 5 по пласту, в результате создается фронт вскрышных и добывчих работ.

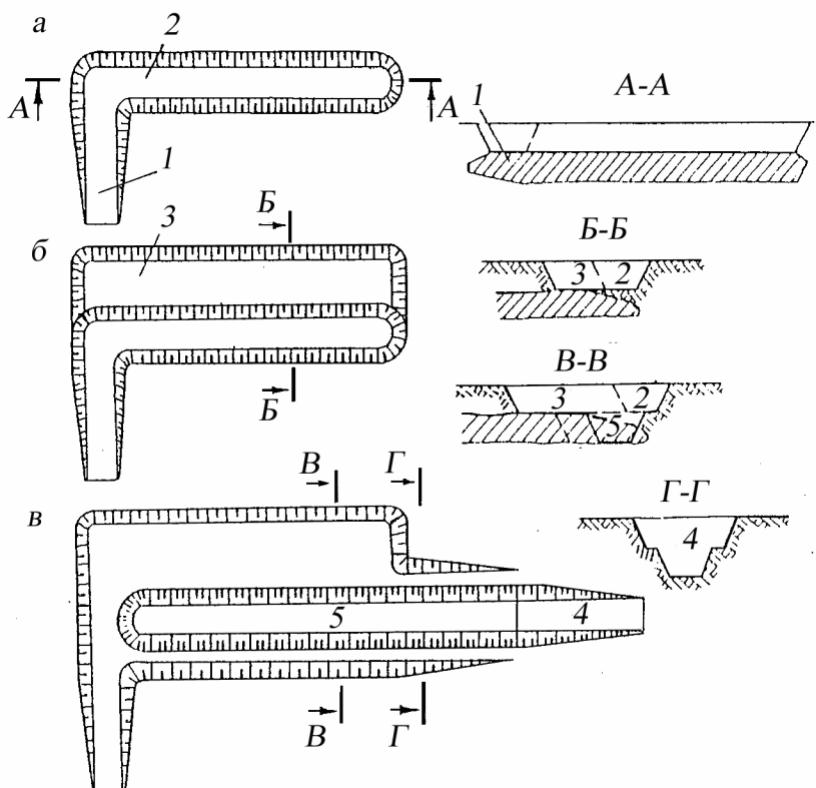


Рис. 3.4. Развитие горных работ при вскрытии горизонтальной залежи

### 3.4. Главные параметры карьера

#### 3.4.1. Границы открытых разработок (предельная глубина)

При выборе способа разработки на практике могут встречаться следующие случаи:

1. Целесообразность разработки месторождения открытым способом очевидна (мощные горизонтальные и пологие залежи, расположенные на небольшой глубине от поверхности);
2. Целесообразность разработки месторождения подземным способом очевидна (маломощные залежи, расположенные на большой глубине от поверхности);

3. Разработка месторождений возможна открытым или подземным способом (мощные залежи при большой толще покрывающих вскрытых пород);

4. Возможность применения комбинированной разработки месторождений, т.е. разработки части (как правило, верхней) месторождения открытым способом (залежи полезного ископаемого, выходящие непосредственно на поверхность, и крутые с большой глубиной падения, реже – горизонтальные и пологие, прикрыты небольшой толщиной наносов в долине и мощной толщей покрывающих пород в нагорной части), а остальной части – подземным способом.

В первом, втором и третьем случаях вопрос о разграничении способов разработки отсутствует. Однако для оконтуривания карьерных полей (и участков) в первом и третьем случаях необходимо определять граничные коэффициенты вскрыши.

В четвертом случае должны быть установлены границы между открытыми и подземными работами.

Основным критерием при определении границ открытых разработок является граничный коэффициент вскрыши, на основе сравнения которого с другими видами коэффициента вскрыши определяется предельная (конечная) глубина открытых работ и производится оконтуривание карьерных полей. Наибольшее распространение в мировой практике проектирования конечных границ карьеров получил метод, основанный на сравнении граничного и контурного коэффициентов вскрыши.

### **3.4.2. Виды коэффициента вскрыши**

Для оценки пригодности месторождения к разработке открытым способом и определения экономически целесообразной глубины открытых работ, а также для планирования горных работ, расчета требуемого количества горнотранспортного оборудования на период эксплуатации и текущего планирования производственной себестоимости полезного ископаемого служит **коэффициент вскрыши**.

Под коэффициентом вскрыши к понимают количество вскрытых пород, исчисляемое на единицу полезного ископаемого при разработке открытым способом. Коэффициент вскрыши носит название весового, если породы вскрыши и полезное ископаемое измеряются в тоннах (т/т), и объемного, если они измеряются в кубических метрах ( $\text{м}^3/\text{м}^3$ ). Коэффициент вскрыши измеряют также отношением объема вскрытых пород к 1 т полезного ископаемого ( $\text{м}^3/\text{т}$ ).

В производственной практике, исследованиях и проектировании находят применение все три вида измерений коэффициента вскрыши.

Различают следующие виды коэффициента вскрыши: граничный, средний, контурный, текущий, слоевой, эксплуатационный, первонаучальный и плановый.

**Граничный коэффициент вскрыши ( $k_{\text{гр}}$ )** – максимальнo допустимый по условию экономичности открытых разработок коэффициент вскрыши. По величине он соответствует объему вскрышных пород на единицу полезного ископаемого, который допустимо перемещать из массива в отвалы по условию экономичности открытых горных работ. Граничный коэффициент вскрыши называют еще предельным, допустимым, экономически допустимым и иногда критическим, экономическим, расчетным и т.п.

По величине граничного коэффициента  $k_{\text{гр}}$  вскрыши устанавливают границы открытых горных работ.

**Средний коэффициент вскрыши ( $k_{\text{ср}}$ )** – отношение объема вскрышных пород ( $\text{м}^3$ ) в конечных контурах карьера или его участка к объему полезного ископаемого ( $\text{м}^3$ ) в этих же контурах или на этом же участке.

Если значения объемов получены по материалам геологоразведочных работ, то  $k_{\text{ср}}$  называют геологическим.

В проектной практике рассчитывают действительные значения объема вскрышных пород в конечных контурах карьера и объемы полезного ископаемого за вычетом потерь; в этом случае  $k_{\text{ср}}$  называют также промышленным.

**Контурный коэффициент вскрыши ( $k_{\text{к}}$ )** – отношение объема вскрышных пород ( $\text{м}^3$ ), прирезаемых к карьеру при увеличении глубины его в процессе проектирования на один слой (уступ), к объему полезного ископаемого ( $\text{м}^3$ ) в этом слое (уступе).

При проектировании или исследовании карьеры расширяются обычно слоями, равными или кратными высоте уступа. В связи с этим контурный коэффициент вскрыши часто называют погоризонтным, пригоризонтным и иногда слоевым, горизонтальным. В проектной практике нередко пользуются линейными показателями контурного коэффициента вскрыши, определяемыми на каждом геологическом разрезе. В этом случае контурный коэффициент вскрыши называют линейным контурным.

Для наклонных и крутых залежей увеличение глубины карьера вызывает расширение его контуров по всем бортам; для горизонтальных и пологих залежей объемы вскрышных пород и полезных ископае-

мых прирезаются за счет увеличения размеров карьера в плане или только по отдельным бортам.

Величина контурного коэффициента вскрыши существенно зависит, в первую очередь, от глубины карьера, а также горизонтальной мощности залежи, ее угла падения, простирания залежи в пределах рассматриваемой глубины, угла наклона бортов карьера, рельеф поверхности карьерного поля. При этом с увеличением глубины разработок коэффициент  $k_k$ , как правило, возрастает и на конечной глубине карьера, приравнивается к значению  $k_{tp}$ .

**Текущий коэффициент вскрыши ( $k_t$ )** – отношение объема вскрышных пород ( $m^3$ ), фактически перемещаемых из массива в отвалы за какой-либо период времени (месяц, квартал, год), к фактически добываемому за этот же период времени объему полезного ископаемого ( $m^3$ ).

Текущий коэффициент вскрыши характеризует принятый порядок развития горных работ на действующем или проектируемом предприятии по месяцам, кварталам и годам, а также служит основанием для планирования производственной себестоимости полезного ископаемого.

**Слоевой коэффициент вскрыши ( $k_c$ )** – отношение объема вскрышных пород ( $m^3$ ) в границах горизонтального слоя карьера к объему полезного ископаемого ( $m^3$ ) в этом же слое.

Слой представляет собой часть объема горной массы между двумя смежными горизонтами работ в конечных контурах карьера. Обычно высоту слоя принимают равной высоте уступа.

**Эксплуатационный коэффициент вскрыши ( $k_{ek}$ )** – расчетное отношение объема вскрышных пород к объему полезного ископаемого за определенный период эксплуатационных работ в карьере или на его участке. Если учесть объемы за весь период эксплуатации карьера, то этому соответствует средний эксплуатационный коэффициент вскрыши.

Средний эксплуатационный коэффициент вскрыши служит критерием для планирования горных работ и расчетов требуемого количества горного и транспортного оборудования на период эксплуатации.

Значение среднего эксплуатационного коэффициента вскрыши резко отличается от значения среднего коэффициента вскрыши только при ограниченных размерах карьера в плане, большой мощности покрывающих пород, а также при сравнительно больших объемах горнокапитальных работ, связанных с применением специального оборудования (например, транспортно-отвальных мостов).

**Первоначальный коэффициент вскрыши ( $k_{nep}$ )** – отношение объема вскрышных пород ( $m^3$ ), вынимаемых за период строительства

карьера, к общему объему извлекаемого полезного ископаемого ( $\text{м}^3$ ) в конечных контурах карьера.

**Плановый коэффициент вскрыши ( $k_{\text{пл}}$ )** – используется при текущем планировании объемов вскрышных работ и производственной себестоимости полезного ископаемого  $C_{\text{тек}}$  (руб.), когда в процессе производства открытых горных работ погашаются затраты на вскрышные работы:

$$C_{\text{тек}} = C_{\text{тек}}^{\text{и}} + k_{\text{пл}} C_{\text{тек}}^{\text{в}},$$

где  $C_{\text{тек}}^{\text{и}}$  – текущая себестоимость добычи единицы полезного ископаемого (без учета затрат на вскрышные работы), руб.;

$C_{\text{тек}}^{\text{в}}$  – текущая себестоимость единицы вскрышных работ, руб.

Плановый коэффициент вскрыши называют иногда стоимостным. При выполнении запланированных объемов горных работ значение планового коэффициента вскрыши совпадают с значениями текущего коэффициента вскрыши.

### 3.5. Производительность карьера

Производственная деятельность карьеров характеризуется рядом показателей, среди которых важнейшими являются производственная мощность, производительность по полезному ископаемому, производительность по вскрыше или производительность по горной массе.

Под производственной мощностью карьера следует понимать утвержденный в проекте постоянный на фиксированный период объем полезного ископаемого соответствующего качества, поставляемый потребителю с определенной степенью равномерности.

Производственная мощность карьера является параметром, соединенным с потребителем (обогатительная фабрика, электростанция и др.) и пунктами сосредоточения добычных грузопотоков (станции присоединения к магистральным железным дорогам и др.).

Под производительностью карьера по полезному ископаемому подразумевается годовой объем полезного ископаемого, который может отличаться от производственной мощности в большую или меньшую сторону из-за изменения спроса, горнотехнических условий, ценовой политике и т.д.

Производительность карьера по вскрыше это годовой объем вскрышных пород, извлекаемых с целью обеспечения производственной мощности.

Производительность по горной массе характеризует масштаб хозяйственной деятельности предприятия, численность трудящихся, единичную мощность оборудования, потребление электроэнергии и других видов энергоносителей, а также степень экологического равновесия с окружающей средой.

### **3.6. Классификация систем открытой разработки**

Системой открытой разработки называется определенный порядок выполнения во времени и пространстве подготовительных, вскрышных и добывающих работ на уступах рабочих горизонтов.

Существующие классификации систем разработки можно разделить на две группы:

- 1) по способу производства вскрышных работ и по способу перемещения пород в отвалы;
- 2) в зависимости от порядка ведения вскрышных и добывающих работ, направления подвигания забоя и способа вскрытия.

Принятая система разработки должна обеспечивать безопасную и экономичную комплексную разработку всех полезных ископаемых, полное извлечение запасов, охрану окружающей среды.

Наиболее распространенной является классификация, предложенная профессором Е.Ф. Шешко и академиком Н.В. Мельниковым – по направлению перемещения вскрышных пород на отвалы.

#### **3.6.1. Бестранспортные системы разработки**

Эти системы характеризуются тем, что породы вскрыши перемещаются экскаваторами или отвалообразователями во внутренние отвалы. При системе разработки с непосредственной экскаваторной перевалкой вскрыши перемещение породы из забоя до отвала производится вскрышными экскаваторами, мехлопатами или драглайнами, которые одновременно являются также и отвальными экскаваторами.

При системе разработки с кратной экскаваторной перевалкой вскрыши (рис. 3.5) перемещение породы из забоя до отвала производится вскрышными и отвальными экскаваторами, работающими совместно.

При системе разработки с перевалкой вскрыши отвалообразователями (рис. 3.6) перемещение породы из забоя до отвала производится консольными отвалообразователями и транспортно-отвальными мостами. При всех бестранспортных системах порода перемещается поперек фронта работ, то есть по кратчайшему расстоянию. Поэтому эти системы просты и экономичны. Область применения —

при пологих углах падения пластов (до  $12^\circ$ ) и не слишком большой мощности. Для этих систем характерна жесткая связь между вскрышными и добывающими работами, так как количество вскрываемых запасов ограничивается рабочими параметрами и мощностью вскрышных и отвальных машин.

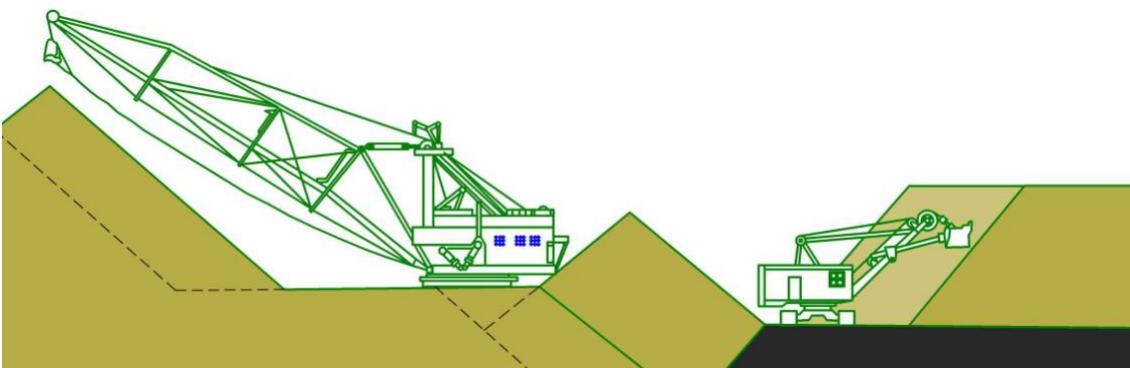


Рис. 3.5. Бестранспортная система разработки с кратной экскаваторной перевалкой вскрыши



Рис. 3.6. Транспортно-отвальный мост

### 3.6.2. Транспортные системы разработки

Эти системы характеризуются перевозкой вскрышных пород при помощи транспортных средств (рис. 3.8).

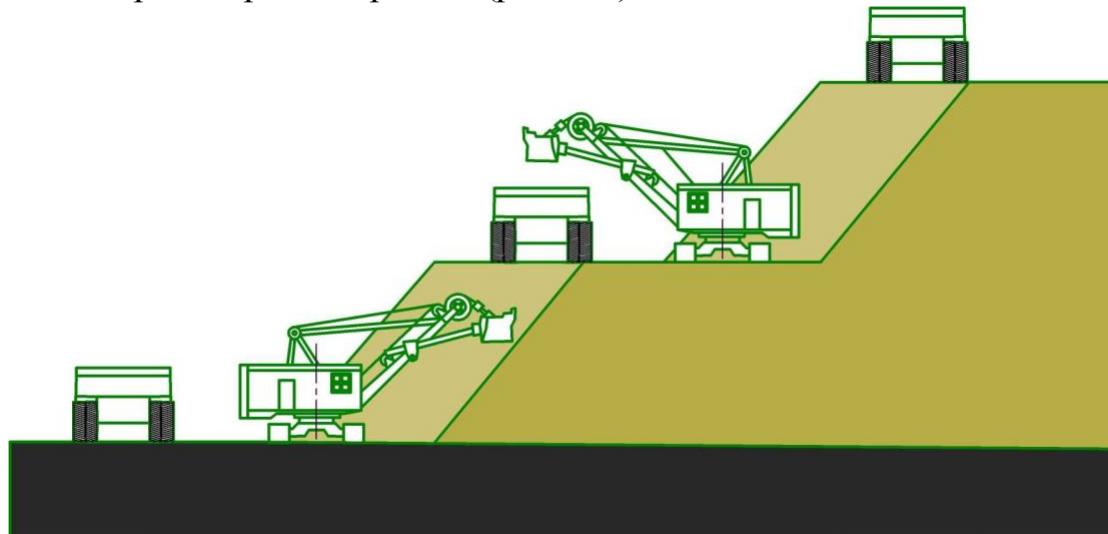


Рис. 3.8. Транспортная система разработки с использованием автотранспортных средств

При системе разработки с перевозкой во внутренние отвалы порода перемещается на сравнительно короткое расстояние по пути с благоприятным профилем, обычно без подъема в грузовом направлении.

Система с перевозкой породы на внешние отвалы характеризуется перемещением вскрыши на значительные расстояния: 2–4 км для автотранспорта и до 10 км для железнодорожного транспорта. Порода перемещается на пути с подъемом в грузовом направлении.

Система с перевозкой породы частично на внутренние и частично на внешние отвалы имеет признаки первых двух систем этой группы.

Транспортные системы сложнее бестранспортных и менее экономичны. Они могут применяться при любых условиях залегания месторождения, поэтому получили широкое распространение. Здесь связь между подвижанием вскрышного и добычного фронта работ менее жесткая и в зависимости от потребностей, можно вскрыть необходимое количество запасов.

### 3.6.3. Комбинированные системы разработки

Эти системы сочетают признаки бестранспортных и транспортных систем разработки. По признаку относительного преобладания перевалки или перевозки выделяют систему с частичной перевозкой пустых пород во внутренние или внешние отвалы и систему с

Таблица 3.1

Классификация систем открытой разработки по Е.Ф. Шепенко и Н.В. Мельниковой

Система разработки	Основной технологический процесс по вскрытие	Отвало-образование	Направление развития фронта работ в плане	Высота рабочей зоны	Фронт работ
	Рыхление		Одностороннее по простираннию	Постоянная	
Бесстранный	Выемка и отвало-образование	Внутреннее	То же, вкрест простирания То же, смешанное	Переменная	
			Двустороннее по простираннию		
			То же, вкрест простирания То же, смешанное		
	Выемка		Одностороннее по простираннию		
	Дробление		То же, вкрест простирания		
Транспортно-отвальная		Внутреннее Отвалообразование	Двустороннее по простираннию То же, вкрест простирания Веерное Смешанное	Постоянная	

Продолжение таблицы 3.1

Способы			
	Рыхление	Внешнее	Одностороннее по пространнию
Транспортная	Погрузка	Внутреннее	То же, вкрест простирания
	Дробление	Двустороннее по пространнию	Переменная
Транспортирование	Комбинирование	То же, вкрест простирания	
	Отвалообразование	Веерное По периметру карьера Смешанное	
Специальная		Внешнее	То же
Комбинированная		Любая комбинация систем разработки	Постоянная Переменная

частичной перевалкой пород во внутренние отвалы. Достоинства этой системы в том, что благодаря частичной перевозке породы, обычно с верхних уступов, расширяется возможность использования преимуществ бестранспортных систем разработки. Частичное применение перевалки породы во внутренние отвалы, обычно с нижних уступов карьера, позволяет улучшить показатели транспортных систем разработки, так как транспорт с нижних уступов наиболее трудный.

Относительная сложность и экономичность комбинированных систем разработки зависят от доли участия перевозки и перевалки. Чем больше объем породы будет разрабатываться по бестранспортной системе, тем экономичнее комбинированная система разработки.

### 3.7. Основные производственные процессы

#### 3.7.1. Подготовка горных пород к выемке

Подготовка горных пород к выемке заключается в разрушении массива различными способами на куски, удобные для последующей выемки, погрузки и транспортирования. Рыхлые и мягкие породы могут разрабатываться непосредственно из массива экскаваторами или другими выемочными машинами. Подготовка полускальных пород ведется обычно навесными рыхлителями на тракторах тяжелого типа. Подготовка к выемке скальных пород осуществляется посредством буро-взрывных работ, при этом кусковатость взорванных пород должна быть оптимальной.

Размеры максимально допустимого куска во взорванной горной массе определяются параметрами транспортных средств, дробилок и других приемных устройств, а также условиями работы оборудования.

Максимально допустимый линейный размер куска породы, м, равен:

- для одноковшовых экскаваторов –  $l_{\max} < 0,8 (q)^{1/3}$ ;
- для транспортных средств –  $l_{\max} < 0,5 (Q)^{1/3}$ ;
- для конвейерного транспорта –  $l_{\max} < 0,5B_{\text{л}} - 0,1$ ;
- для дробилок –  $l_{\max} < 0,75 B_{\text{д}}$ ,

где  $q$  – вместимость ковша экскаватора, м<sup>3</sup>;

$Q$  – вместимость кузова автосамосвала или думпкара, м<sup>3</sup>;

$B_{\text{л}}$  – ширина конвейерной ленты, м;

$B_{\text{д}}$  – ширина приемного отверстия дробилки, м.

Куски, имеющие размеры больше допустимых, называют негабаритными и подвергают дополнительному дроблению, для чего применяют различные методы разрушения пород.

На большинстве карьеров и в разнообразных условиях применяют скважинные заряды. К основным параметрам взрывных скважин относятся глубина, диаметр и угол наклона (рис. 3.9).

Глубина скважины  $l_c$  определяется высотой взрываемого уступа  $H_y$ , углом наклона скважины к горизонту  $\alpha$  и величиной перебора скважины  $l_p$  ниже отметки подошвы уступа. Перебур необходим для качественного разрушения пород в подошве уступа.

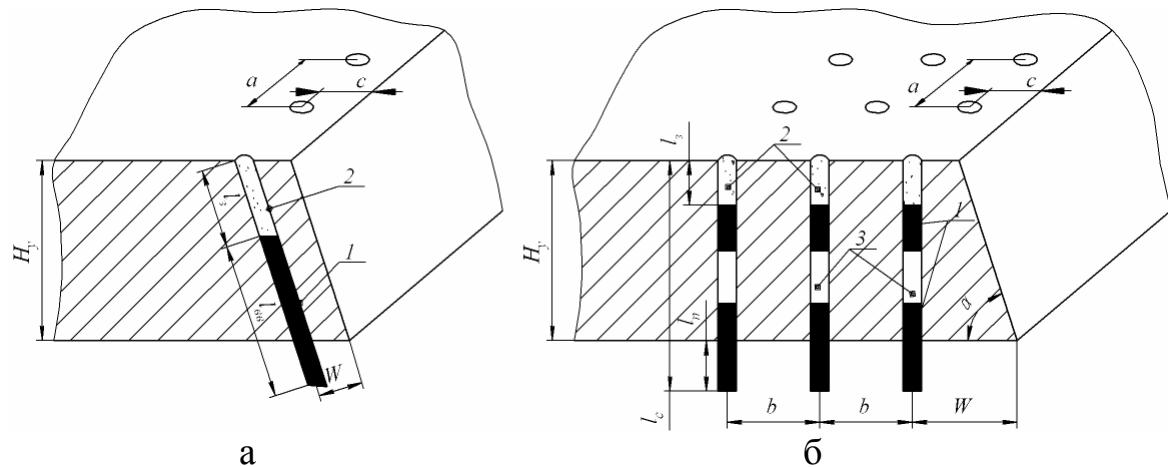


Рис. 3.9. Параметры взрывных скважин: а – наклонных со сплошным зарядом; б) вертикальных с рассредоточенным зарядом при многорядном расположении; 1 – заряд BB; 2 – забойка; 3 – воздушный промежуток

Забойка скважины должна быть плотной, а ее длина  $l_s$  – достаточной для предотвращения утечек продуктов взрыва, выброса породы и образования сильной ударной воздушной волны. Для забойки используют буровую мелочь, песок с размерами частиц до 50 мм.

Различают горизонтальные, наклонные и вертикальные скважины. В основном в настоящее время применяют вертикальные скважины. Заряд ВВ в скважине может быть сплошным или рассредоточенным, а расположение скважин в пределах взрываемого блока – однорядным и многорядным.

Параметрами взрываемых зарядов при их однорядном расположении являются: расстояние между скважинами в ряду  $a$ , а при многорядном – расстояние между скважинами  $a$ , между рядами  $b$  и число рядов  $n$ .

Горизонтальное расстояние от оси скважин до нижней бровки уступа W называется линией сопротивления по подошве уступа.

Буровзрывные работы – это комплекс бурения и взрывания скважинных зарядов. Бурение скважин на уступе осуществляется в один, два или три ряда при помощи станков вращательного или ударно-вращательного действия, которые подразделяются на шнековые и шарошечные. Станки шнекового бурения типа СБШ-СБР-125 и СБР-160 (рис. 3.10) применяют для бурения наклонных и вертикальных скважин по углю диаметром 125–160 мм и глубиной до 25 м. Станки шарошечного бурения используются на крепких скальных породах и имеют в качестве рабочего органа вращающиеся долота – шарошки с зубьями из твердого сплава. Станки подразделяются на легкие, средние и тяжелые. К легким (до 40 т) относятся станки СБШ-200 ( $d_{скв} = 150$ – $200$  мм); к средним (до 60 т) – 2СБШ-200Н, СБШ-250МН, СБШ-250К ( $d_{скв} = 220$ – $270$  мм); к тяжелым (до 120 т) – СБШ-320 и СБШ-400 для бурения скважин диаметром до 400 мм. Станки имеют гусеничный ход. Бурение скважин осуществляется вертикально или наклонно глубиной до 60 м.



Рис. 3.10. Буровые станки для открытых работ: а) СБШ-160/200-40Д; б) СБШ-250 МНА-32

Для ведения взрывных работ в качестве взрывчатого вещества применяют в основном гранулированные ВВ (гранулиты, игданиты), реже – порошкообразные ВВ (аммониты, аммоналы). Взрывают заряды главным образом при помощи детонирующего шнуря или электрическим способом.

К вспомогательным процессам при взрывном разрушении относятся погрузочно-разгрузочные работы, транспортирование ВВ к месту заряжания, заряжение и забойка скважин. Доставка ВВ в карьер и заряжение скважин осуществляются с помощью зарядных машин МЗ-3, МЗ-4 и др. Сменная производительность машин по зарядке составляет 15–20 т. Забойка скважин производится буровой мелочью или с помощью забоечных машин-бункеров ЗС-2 и ЗС-1Б, транспортирующих и засыпающих в скважину забоечный материал. Производительность их до 150 скважин в смену.

### **3.7.2. Выемочно-погрузочные работы**

Выемка и погрузка горных пород – отделение от массива мягкой или предварительно разрыхленной крепкой породы с последующей погрузкой в средства транспорта или непосредственно в отвал. В качестве основных средств механизации используются экскаваторы, в этом случае выемка и погрузка сливаются в один процесс – выемочно-погрузочные работы.

Экскаватор – самоходная машина цикличного или непрерывного действия. Они могут быть одноковшовые и многоковшовые. Экскаваторы цикличного действия (одноковшовые) последовательно выполняют операции копания и перемещения горной массы в ковше, поворачиваясь вокруг своей оси. Многоковшовые экскаваторы непрерывного действия (цепные, роторные) производят выемку и погрузку горной массы в результате перемещения ковшей по круговой траектории.

Важнейшие типы одноковшовых экскаваторов – прямая и обратная механическая лопата и драглайн.

У механической лопаты ковш жестко скрепляется с рукоятью. У драглайна ковш подвешивается к стреле на стальном канате. Из экскаваторов с жесткой связью наиболее широко применяются экскаваторы карьерные гусеничные ЭКГ-4,6Б (5А), ЭКГ-8и, ЭКГ-12, ЭКГ-20, а также гидравлические (прямая и обратная лопаты) ЭГ-8, ЭГ-12, ЭГ-20, ЕК-400, ЕК-450FS и еще много других в т.ч. и зарубежных фирм Komatsu, CAT, Caterpillar, Liebherr. Особенность гидравлических экскаваторов – использование гидропривода рабочего оборудования, поворотной плат-

формы и механизма хода. Гидропривод обеспечивает одновременную подвижность стрелы, рукояти и ковша, большее усилие копания.



Рис. 3.11. Экскаватор ЭКГ-12 с оборудованием прямой лопаты



Рис. 3.12. Экскаватор ЭО-5116-1 с оборудованием обратной лопаты



Рис. 3.13. Гидравлический экскаватор CAT с оборудованием прямой лопаты



Рис. 3.14. Драглайн ЭШ 15/90

Экскаваторы вскрышные гусеничные (ЭВГ) типа ЭВГ-35/65, ЭВГ-15/40, ЭВГ-100/100 имеют стрелу и рукоять увеличенной длины и предназначены в основном для непосредственного перемещения породы в

отвал. Передвижение всех экскаваторов осуществляется за счет гусеничного хода.

Из экскаваторов с канатной связью широкое применение имеют драглайны. Драглайны – шагающие экскаваторы типа ЭШ-10/60, ЭШ-15/90, ЭШ-100/100 – используются на карьерах для перевалки пород вскрыши в выработанное пространство, из забоев, расположенных как ниже, так и выше горизонта установки экскаватора. Выпускаются шагающие драглайны с ковшом вместимостью от 4 до 120 м<sup>3</sup> и длиной стрелы до 125 м.

Важнейшими типами многоковшовых экскаваторов являются цепные и роторные.



Рис. 3.15. Экскаватор цепной продольногоkopания EM-201

Цепные многоковшовые экскаваторы имеют рабочий орган – ковшовую раму, которая служит для направления цепи с ковшами. Рама одним концом шарнирно закреплена на корпусе, а другой ее конец подвешен на укосине и полиспастах. Выемка породы в забое производится ковшами, которые прижимаются к забою весом рамы. Емкость ковшей – от 250 до 4500 л. Производительность экскаваторов составляет от 800 до 10 000 м<sup>3</sup>/ч. Передвижение осуществляется за счет железнодорожного, гусеничного или шагающего хода.

Роторные экскаваторы типа ЭР-25, ЭР-100 и другие имеют рабочий орган в виде роторного колеса с ковшами, установленного на конце стрелы. Диаметр роторного колеса от 2,5 до 18 м. Число ковшей на роторе – от 6 до 12, а емкость ковшей от 300–800 до 4000–8000 л. Экскаваторы бывают небольшой (до 630 м<sup>3</sup>/ч), средней (630–2500 м<sup>3</sup>/ч), большой производительности (2500—5000 м<sup>3</sup>/ч), сверхмощные – производительностью выше 5000 м<sup>3</sup>/ч. Один из мощных современных экскаваторов – ЭРГ-1600 40/10-31 производительностью до 4500 м<sup>3</sup>/ч, или 100 тыс. м<sup>3</sup>/сут.

Марка модели имеет следующие обозначения: 1600 – емкость ковша, л; 40 – высота черпания, м; 10 – глубина черпания, м; 31 – ход выдвижения стрелы, м. Диаметр роторного колеса 11,5 м, на котором находятся 10 ковшей.



Рис. 3.16. Роторный экскаватор ЭРГ-1600-16/1,0

Главным для многоковшовых и роторных экскаваторов является то, что их работа основана на поточности всего комплекса производственных процессов выемки, транспортирования, разгрузки и отвалообразования. Применение этих машин возможно только на рыхлых или сыпучих породах и лишь в теплое время года.

На карьерах с годовым объемом работ до 3 млн. т и расстоянием транспортирования 0,3–0,5 км в качестве основного выемочно-погрузочного оборудования используются колесные скреперы и одноковшовые погрузчики. Тягачом скрепера могут быть трактор К-700, автомобили типа МАЗ или БелАЗ. Вместимость ковша скрепера составляет 6–15 м<sup>3</sup>, а у мощных — от 15 до 40 м<sup>3</sup>. Производительность скреперов с ковшом вместимостью 15 м<sup>3</sup> составляет от 250 до 400 м<sup>3</sup>/ч.



Рис. 3.17. Самоходный скрепер MoАЗ 6014

Одноковшовый погрузчик представляет собой колесное самоходное шасси с опускающейся стрелой, на конце которой шарнирно закреплен ковш. Современные погрузчики типа ПГ-10, ПГ-15, ПГ-25 имеют ковш вместимостью соответственно 6; 7,5 и 14,25 м<sup>3</sup>.

Основной схемой работы погрузчика на рабочей площадке является челноковая. При этом погрузчик после загрузки ковша отъезжает задним ходом на расстояние 6–10 м, достаточное для подъезда автоса-

мосвала, который устанавливают под ковш погрузчика. После разгрузки ковша автосамосвал отъезжает, освобождая погрузчику проезд к забою для наполнения ковша. Сменная производительность погрузчиков достигает 4000 т.



Рис. 3.18. Фронтальный погрузчик MoAZ 40485



Рис. 3.19. Фронтальный погрузчик TO-11A на базе колесного трактора К-702

### **3.8. Прочие способы добычи полезных ископаемых**

К прочим способам добычи полезных ископаемых следует отнести физико-химический и подводный способы, которые в настоящее время из-за их высокой стоимости получили ограниченное применение.

Физико-химическим способом добываются полезные ископаемые и породы с помощью пробуриваемых в земных толщах скважин и нагнетания в них растворителей. Таким образом, ведется в ограниченных размерах добыча серы, некоторых металлов, солей. С 40-х годов прошлого века велась подземная газификация малокондиционных углей в Донецком и Подмосковном бассейнах, однако из-за высокой себестоимости газификации (добычи) 1 т условного топлива эти работы были прекращены.

Содержание полезных ископаемых под водой (в морях и океанах) очень высокое: так, например, объемы железомарганцевых руд в Атлантическом океане достигают 45 млрд. т, Индийском – 41 млрд. т и Тихом – 112 млрд. т. Общие запасы таких руд примерно равны 300 млрд. т, а их состав характеризуется следующим образом: марганец – до 45%, кобальт – до 1%, никель – 1,5%, медь – до 2%. При этом кобальта на суше имеется 1 млн. т., а в вышеназванных образованиях – 2 млн. т. Известен ряд проектов добычи этих ценных полезных ископаемых. Наиболее перспективной является технология добычи подводным способом.

## **ГЛАВА 4. Горные машины и комплексы, применяемые при подземном способе добычи полезных ископаемых**

### **4.1. Общие сведения**

В настоящее время добычу угля, руд черных и цветных металлов и других полезных ископаемых в основном ведут механическим и буро-взрывным способами. Другие способы – физический, химический, гидравлический широкого распространения не получили. Номенклатура применяемого на шахтах и рудниках оборудования обширна, и включает в себя бурильные машины, проходческие и очистные комбайны, механизированные комплексы, погрузочные и погрузочно-доставочные машины, конвейеры и другие средства механизации основных и вспомогательных производственных процессов.

### **4.2. Бурильные машины и установки и буровой инструмент**

При буровзрывном способе проходки (проведении) горных выработок, а также выемке полезных ископаемых основными средствами механизации являются бурильные машины и установки, предназначенные для бурения шпуров и скважин и применяемые в комплексе с погрузочными, погрузочно-доставочными и другими машинами и механизмами.

Шпуры — цилиндрические полости, выполненные в горном массиве глубиной до 5 м и диаметром до 85 мм. Шпуры большего диаметра или большей длины принято называть скважинами. Горные машины, предназначенные для бурения шпуров, называются бурильными машинами и установками. Горные машины, предназначенные для бурения скважин, называются буровыми станками.

Применяются следующие способы бурения шпуров:

- вращательный;
- ударно-поворотный;
- вращательно-ударный.

**Бурильные машины и установки классифицируются:**

1. По типу бурильной головки:
  - вращательного;
  - ударно-поворотного;
  - вращательно-ударного действия.
2. По массе:
  - легкие (до 10 кг);

- средние (20–60 кг);
- тяжелые (свыше 60 кг).

3. По способу установки:

- ручные;
- колонковые;
- механические, устанавливаемые на манипуляторах буровых кареток.

4. По роду потребляемой энергии:

- электрические;
- пневматические;
- гидравлические;
- комбинированные.

5. По типу податчика:

- с реечной;
- с цепной;
- с канатной;
- с винтовой;
- с гидравлической;
- с пневматической;
- с комбинированной подачей.

6. По способу очистки шпуря от продуктов бурения:

- с промывкой водой или воздушно-водяной смесью;
- с продувкой и отсосом пыли;
- очисткой шпуря витой штангой.

7. По предельному диаметру буровой коронки:

- для бурения шпуров малого диаметра (до 52 мм);
- большого (52–85 мм).



*Рис. 4.1. Установка переносная бурильная УБП-1Б*

## **Шахтные бурильные установки классифицируются:**

1. По назначению:

- для бурения шпуров в одно- и двухпутевых подготовительных выработках сечением в свету 4,4–8 и 8–27 м<sup>2</sup>;
- для бурения шпуров в тоннелях и камерах сечением 27–85 м<sup>2</sup>.

2. По крепости буриемых пород:

- для пород с  $f=6-8$ ;
- $f=15-20$ .

3. По типу бурильной машины:

- вращательного;
- ударно-поворотного;
- вращательно-ударного действия.

4. По роду энергии:

- пневматические;
- электрические;
- гидравлические.

5. По числу бурильных машин:

- одно-;
- двух-;
- трех-;
- четырехмашинные.

6. По ходовой части:

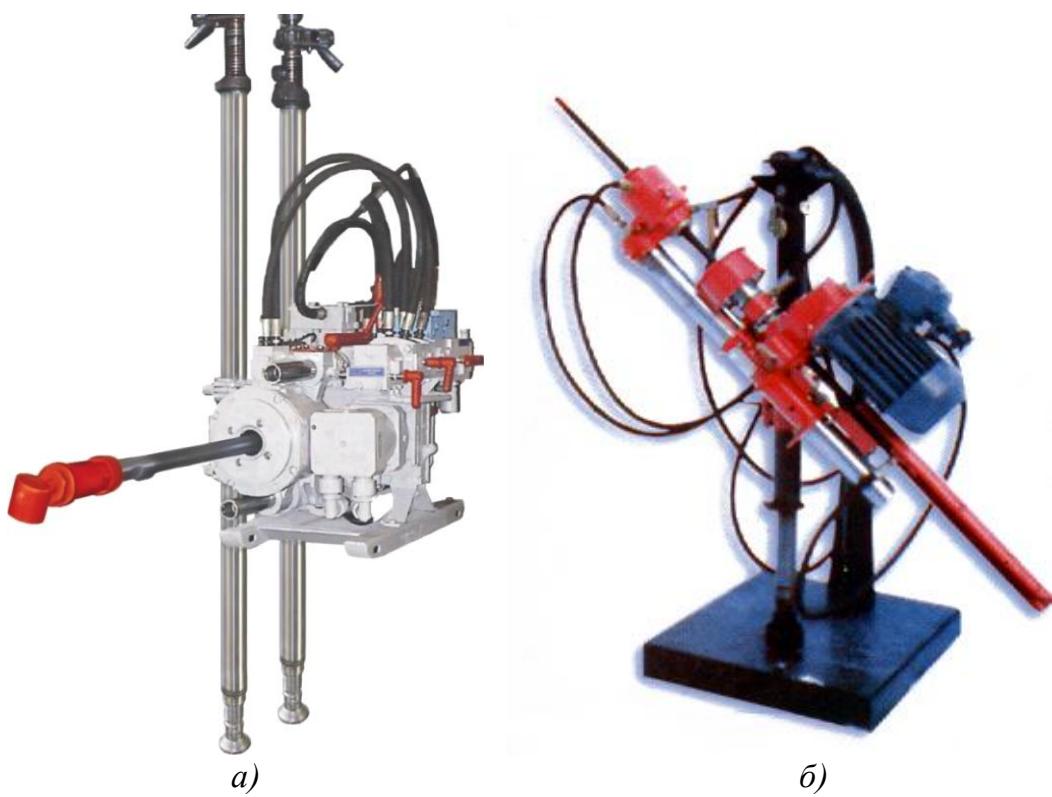
- колесно-рельсовые;
- пневмоколесные;
- гусеничные.

7. По способу перемещения:

- самоходные;
- несамоходные.



*Рис. 4.2. Установка бурильная шахтная УБШ 501АК на пневмоколесном ходу для бурения шпуров*



*Рис. 4.3. Буровые станки вращательного действия: а) СБУ 200М, б) БЖ45-100Э*

Станок буровой СБУ 200М предназначен для бурения дегазационных и технических скважин по углю с включением породы и по породе крепостью до 8 ед. по шкале проф. Протодьяконова с глубиной скважины до 200 м. При бурении скважины по углю с углом наклона до  $+12^\circ$  допустимая глубина бурения составляет 250 м. Станок можно устанавливать как в горизонтальных, так и в наклонных выработках сечением  $3,7 \text{ м}^2$  без разделки специальной камеры и работать как при левом, так и при правом расположении забоя без перемонтажа, бурение скважин производится в обоих направлениях. Станки СБУ 200М изготавливаются в восьми исполнениях в зависимости от комплектации одним из трех видов маслостанции и возможным расположением пульта управления (на станке или на маслостанции). Агрегаты станка компактны, имеют небольшие габаритные размеры и массу, что позволяет производить механизированный спуск станка в шахту и транспортировку по выработкам без дополнительных разборочно-сборочных операций.

Станок буровой БЖ45-100Э предназначен для бурения скважин по углю с включением породы при проведении работ по увлажнению

угольного массива. Станок может быть применен для бурения технических скважин (водоспускные, вентиляционные).

Таблица 4.1  
Техническая характеристика станка СБУ 200М

<b>Общие данные</b>	
Глубина бурения, м, не более	200
Диаметр скважины, мм, не более	100
Угол наклона на скважины, град	0...360
Производительность станка, м/ч, не более	25
Диаметр бурильных труб, мм	42, 33,5
<b>Станок</b>	
Скорость вращения шпинделя, об/мин	0...240, 0...370
Максимальный крутящий момент на шпинделе, кгс·м	37
Максимальная скорость подачи бурового инструмента, мм/мин:	
- при бурении	1 500
- маневровая	14 000
Максимальное усилие подачи бурового инструмента, Н	20 000
Система подачи бурового инструмента	Гидравлическая
Управление процессом бурения	Ручное и автоматическое
<b>Гидромотор</b>	
Крутящий момент	136
Размеры станка (длина x высота x ширина), мм	918 x 585 x 615
Масса станка, кг	490
<b>Маслостанция</b>	
Насос пластинчатый двухпоточный:	НПЛ125-16/6,3
- производительность первой секции, л/мин	100
- производительность второй секции, л/мин	12
- давление, кгс/см <sup>2</sup>	63
Емкость маслобака, л	175
Электродвигатель	ВПР160М6
- мощность, кВт	15
- число оборотов	1 000
- напряжение, В	380/660
Размеры маслостанции (длина x ширина x высота), мм	1155 x 710 x 510
Масса маслостанции, кг	493

Таблица 4.2

## Техническая характеристика станка БЖ45-100Э

Диаметр разрушающего инструмента, мм	
- минимальный	42
- максимальный	45
Механизм подачи	Гидравлический
Диапазон регулирования рабочей скорости, м/мин	0...5,2
Маневровая скорость подачи, м/мин	8
Усилие подачи, кН	20
Ход механизма подачи, м	0,45
Предельный угол бурения скважин, град	-5...+90
Мощность электродвигателя вращателя, кВт	7,5
Частота вращателя двигателя, мин <sup>-1</sup>	500
Рабочее давление в гидросистеме, МПа	5,3
Длина буровой штанги, мм	1380
Масса штанги, кг	4
Максимальная глубина скважины, м	150
Габаритные размеры станка, м	
Длина	2
Ширина	0,7
Высота	0,8
Высота минимальная/максимальная распорной стойки, м	1,2/2
Масса распорной стойки, кг	60
Масса станка, кг	200

Станки буровые БУ-80НБ, БУ-80НБ-01, БУ-80НБ-02 предназначены для бурения взрывных скважин диаметром 52...85 мм при подземной разработке полезных ископаемых с коэффициентом крепости  $f=6\dots20$  ед.



*Рис. 4.4. Буровой станок вращательно-ударного действия БУ-80НБ*

Таблица 4.3  
Технические характеристики буровых станков БУ80-НБ (-01), (-02)

	БУ80-НБ	БУ80-НБ-01	БУ80-НБ-02
Глубина бурения, м	40	30	25
Условный диаметр скважины, мм	80	50	50
Диаметр буровой штанги, мм		40	
Длина буровой штанги, мм	1220	1000	800
Диаметр коронки, мм		60	
Минимальные размеры горной выработки, м	2,5x2,5	2,2x2,2	2,0x2,0
Направление бурения	Круговой веер в вертикальной плоскости		
Тип перфоратора	М2, М3, М4		
Давление сжатого воздуха, МПа	0,5		
Техническая производительность при $f=12\dots14$ , м/ч	14	15	14
Длина податчика, мм	2370	2150	1950
Масса, кг	712	700	700

Буровая машина предназначена для бурения взрывных скважин при подземной разработке полезных ископаемых диаметром до 105 мм и глубиной 50 м в породах и рудах с коэффициентом крепости  $f=6-20$  по шкале проф. М.М. Протодьяконова погружными пневмоударниками



*Рис. 4.5. Буровой станок СТО-100 с погружным пневмоударником*

Таблица 4.4  
Техническая характеристика станка СТО-100

Глубина бурения, м	50...80
Диаметр скважины, мм	100
Направление бурения	Круговой веер
Минимальный размер горной выработки, м	2,5x2,5
Диаметр штанги, мм	76
Длина штанг, мм	1050
Вид подачи	Винтовая
Усилие подачи, кН	10
Рабочий орган	Пневмоударник
Давление сжатого воздуха, МПа	0,5
Мощность привода, кВт	3,3
Масса, кг	750

Малогабаритный погружной пневмоударник АШ45 (опытный образец). Предназначен для проходки скважин малого диаметра в породах средней и высокой крепости на станках вращательно-ударного бурения.

Таблица 4.5  
Техническая характеристика АШ45

Глубина бурения, м	До 20
Диаметр скважины, мм	45
Диаметр корпуса пневмоударника, мм	39
Длина пневмоударника, мм	737
Рабочее давление, МПа	0,5...0,7
Энергия единичного удара, Дж (при 0,5 МПа)	12
Частота ударов, с <sup>-1</sup> (при 0,5 МПа)	20
Ударная мощность, Вт (при 0,5 МПа)	240
Расход воздуха, м <sup>3</sup> /мин	0,4

Область применения – подземные горные работы, бурение дегазационных, технологических и специальных скважин по углю и породам крепостью до 16 ед. по шкале проф. М.М. Протодьяконова. Направление бурения – вертикальное и горизонтальное. Использование пневмоударника на станках вращательно-ударного бурения позволяет реализовать комбинированный режуще-ударный способ разрушения породы, дает возможность рационально сочетать статическое и ударное воздействие на породу и снизить энергозатраты при производстве буровых работ.

Модификация пневмоударника может быть использована при формировании бурового снаряда в качестве ударной штанги также при ударно-поворотном бурении.

Разработка погружного пневмоударника столь малого диаметра в отечественной и зарубежной практике осуществляется впервые. Создание такого пневмоударника позволит и при проходке скважин малого диаметра использовать преимущества погружного пневмоударного бурения наряду с выносным штанговым.

**Буровой инструмент.** Для бурения шпуров применяется буровой инструмент в виде цельного бура или состоящий из буровой штанги и резца или буровой коронки, армированных твердым сплавом. Различают буровой инструмент для вращательного, ударно-поворотного и вращательно-ударного бурения.

Буровой инструмент для вращательного бурения состоит из витых или сплошных буровых штанг и резцов. Буровая штанга состоит из хвостовика, тела буровой штанги, головки с отверстиями для закрепления резца и крепежного штифта.



Рис. 4.6. Цельный бур с витой штангой и резцом на конце (для вращательного бурения)



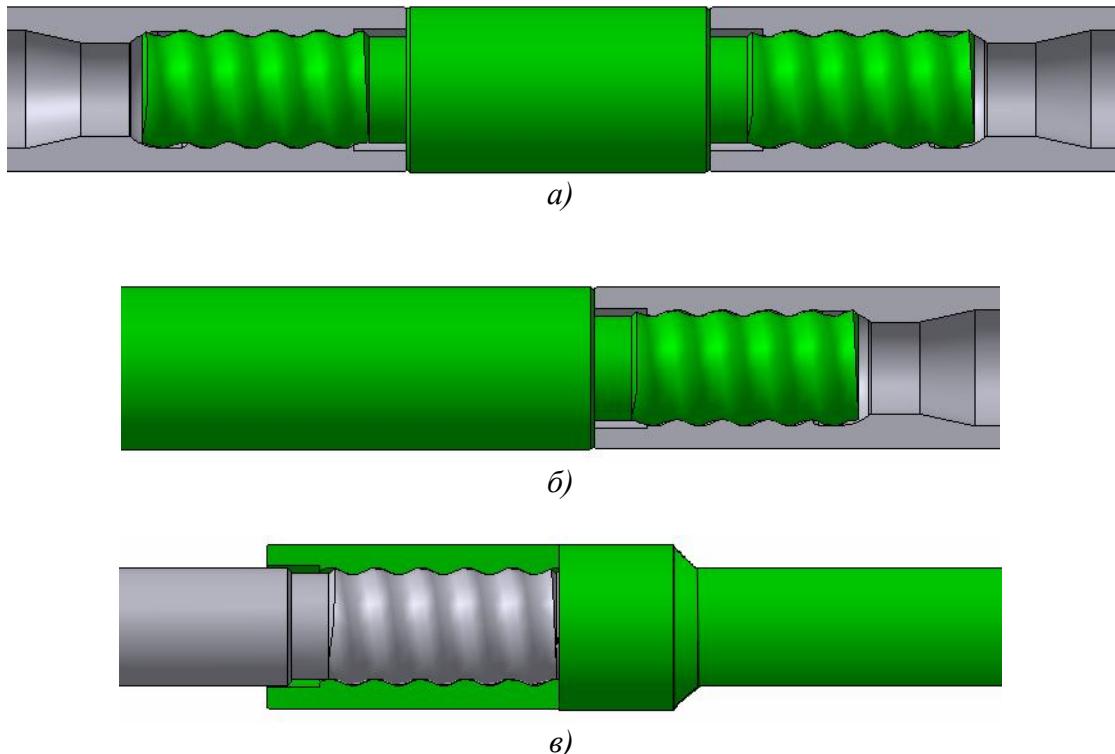
Рис. 4.7. Резцы угольные и породные для вращательного бурения

Для бурения скважин различного назначения применяют составной буровой инструмент: штанги, соединительные элементы и коронки. Штанги изготавливают из стали круглого и шестигранного сечений. Соединительные элементы для разных способов бурения скважин – разные, например, для вращательного бурения используются соединения, изображенные на рис. 4.8 – ниппельные (а) и замковые (б и в); для ударных способов бурения применяются соединения, изображенные на рис. 4.9 – муфтовые (а) и шпилечные (б).

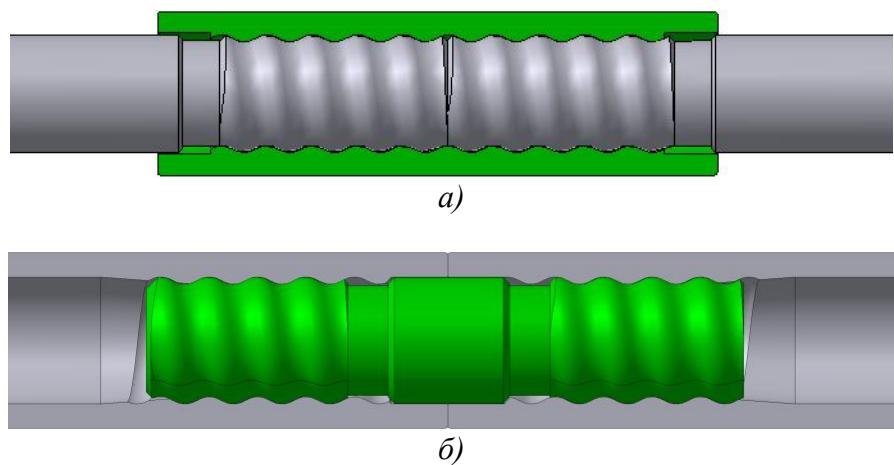
Для ударно-поворотного и вращательно-ударного бурения используют буровые коронки, которые делятся по числу породоразрушающих лезвий на долота трехперые и крестовые. Форма твердосплавного вооружения бывает пластинчатой и штыревой.

Буровая коронка состоит из корпуса, изготовленного из углеродистой инструментальной стали, армированного твердым сплавом (ВК).

В зависимости от армирования коронок пластинами (П) из твердого сплава и штырями (Ш) различают коронки: долотчатые – КДП и КДШ; трехперые – КТП и КТШ; четырехперые крестовые – ККП и ККШ; Х-образные – КХП и КХШ.



*Рис. 4.8. Виды резьбовых соединений штанг для вращательного бурения скважин*



*Рис. 4.9. Виды резьбовых соединений штанг для ударного бурения скважин*



a)

б)

в)

Рис. 4.10. Коронки породные для ударного бурения: а) КДП, б) ККП, в) КТШ

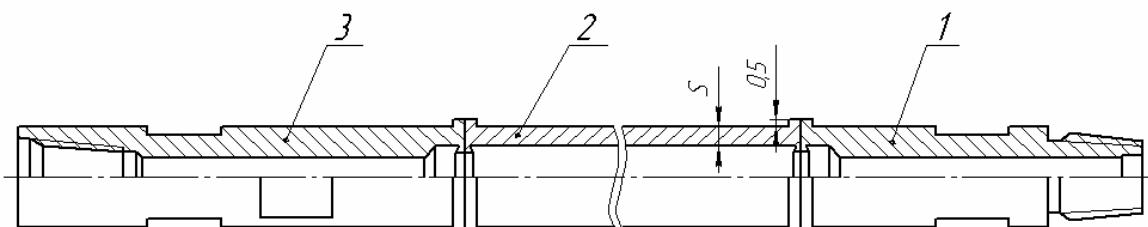
Таблица 4.6

Трубы бурильные стальные универсальные с приварными замками  
(ТБСУ) ТУ 3668-700-01423949-01 (ГОСТ Р 51245-99)

			ТБСУ-43	ТБСУ-55	ТБСУ-63,5	ТБСУ-70	ТБСУ-85	
Основные размеры, мм	Труба	Наружный диаметр	43	55	63,5	70	85	
	Замок	Толщина стенки	3,5...7,0	3,5...8,0	3,5...9,0	3,5...9,0	3,5...9,0	
		Наружный диаметр	Основной	43,5	55,5	64	70,5	
Резьба замковая (правая или левая)		Вариант	55,5	64,0	70,5 75,0	85,5	89,0	
		Внутренний диаметр	16	16...22	22...28	28...32	28...40	
		Основная	3-34	3-45	3-53	3-57	3-67	
		Вариант	3-45	3-53	3-57	3-67	–	
Ширина прорези под ключ, «S»			30	41	46	46	55	

ОАО «Завод бурового оборудования» изготавливает трубы бурильные (буровые штанги) стальные универсальные с приварными замками (ТБСУ), которые применяются при поисках и разведке на твердые полезные ископаемые и воду для бурения скважин колонковым и бескерновым способом твердосплавными и алмазными коронками, долотами всех видов, в том числе с применением забойных гидро- и пневмо-

ударников; при инженерно-геологических изысканиях; ремонте скважин и в строительстве. Буровые штанги могут изготавливаться длиной от 0,75 до 9,0 метров из стали 36Г2С. Основные размеры и данные приведены в таблице 4.6, чертеж представлен на рисунке 4.11.



*Рис. 4.11. Труба бурильная производства ОАО ЗБО, г. Оренбург: 1,3 – ниппель, 2 – штанга*

### 4.3. Проходческие и проходческо-добычные комбайны и комплексы

Проходческие и проходческо-добычные комбайны и комплексы нашли широкое применение на шахтах и рудниках при проведении горных выработок по породам с коэффициентом крепости  $f$  до 8 ед. и добываче сланцев, калийных солей, марганцевых руд короткостолбовыми системами.

Проходческие комбайны классифицируют по основным признакам:

1. По способу обработки забоя исполнительным органом:

- избирательного (цикличного) действия с последовательной обработкой забоя;
- бурового (непрерывного) действия с одновременной обработкой всего забоя.

2. По крепости разрушаемого горного массива:

- для работы по углю и слабым породам с коэффициентом крепости  $f \leq 4$ ;
- по породам средней крепости с  $f = 4-8$ ;
- по крепким породам с  $f \geq 8$ .

3. По площади сечения проводимой выработки (в проходке):

- от 5 до  $16 \text{ м}^2$ ;
- от 9 до  $30 \text{ м}^2$ ;
- более  $30 \text{ м}^2$ .

Проходческие комбайны классифицируют также по дополнительным признакам: массе, установленной мощности привода, основным

размерам, способу погрузки отбитой горной массы, способу передвижения, роду применяемой энергии.

Исполнительные органы (ИО) проходческих комбайнов разделяются на баровые, буровые, стреловидные с коронкой, шнековые и комбинированные.

**Баровые** исполнительные органы получили применение в комбайнах для проведения подготовительных выработок по углю и слабым породам. Основными элементами в них являются режущие цепи. Высота рабочих органов соответствует высоте или ширине проводимой выработки.

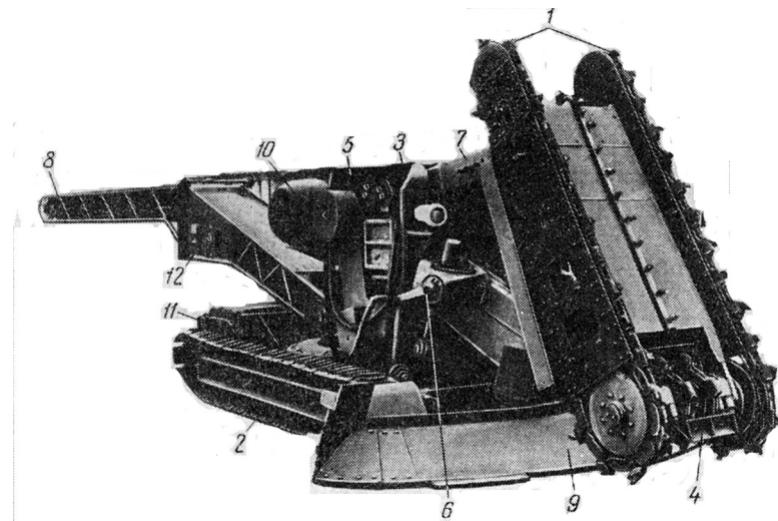


Рис. 4.12. Проходческий комбайн ПК-2М: 1 – двухбаровый исполнительный орган, 2 – устройство гусеничного хода, 3 – поворотная часть, 4 – скребковый конвейер, 5 – редуктор конвейера, 6 – механизм подъема исполнительного органа, 7 – механизм наклона баров в вертикальной плоскости, 8 – разгрузочный ленточный конвейер, 9 – питатель, 10 – электродвигатель хода баров, 11 – электродвигатель гусеничного хода, 12 – электродвигатель ленточного конвейера

Проходческие комбайны со **стреловидным исполнительным органом** осуществляют последовательную обработку забоя режущей коронкой. В зависимости от типа коронки различают исполнительные органы: с продольно-осевой (радиальной) коронкой; с поперечно-осевой (аксиальной) коронкой. Продольно-осевая коронка 1 имеет ось вращения, соосную со стрелой комбайна 2 (рис. 4.13). С помощью этой коронки можно обеспечить довольно ровный (по сравнению с аксиальной коронкой) профиль выработки. Такой исполнительный орган в принципе может с одной позиции создавать приемлемый пространственный рельеф боковых поверхностей выработки, если коронка и центр поворота стрелы соответствуют профилю выработки. Но это условие выполнимо только в идеальном случае – если сечение выработки представляет

собой окружность постоянного радиуса, согласованного с конусностью коронки, а центры качания в горизонтальной и вертикальной плоскостях совпадают с центром окружности. В действительности форма сечения выработки далека от круглой, площадь проводимой выработки изменяется в довольно широком диапазоне, а центры качания в горизонтальной и вертикальной плоскостях не удается совместить конструктивно. Поэтому конусность коронки подбирается, как правило, исходя из условия обеспечения ровной поверхности почвы выработки. Естественно, при этом возникают переборы породы при обработке кровли и боковых поверхностей выработки (рис. 4.13), поскольку размеры и форма выработок могут быть самыми различными.

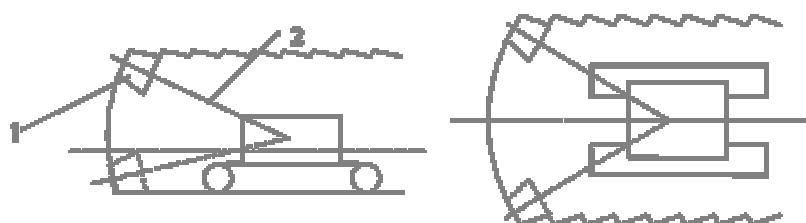


Рис. 4.13. Схема обработки поверхности выработки исполнительным органом с продольно-осевой коронкой

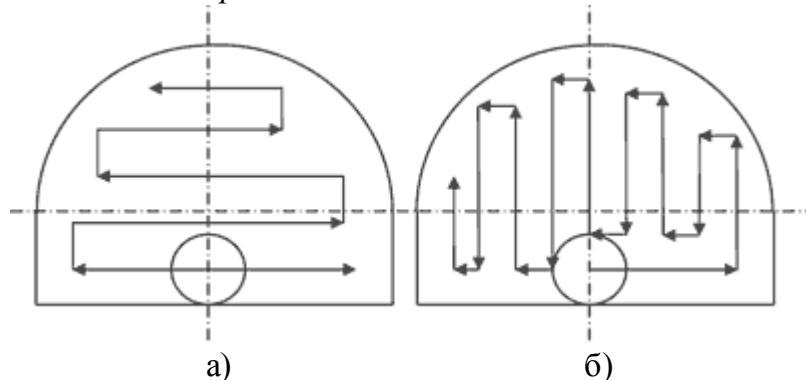


Рис. 4.14. Схема обработки забоя стреловидным исполнительным органом с продольно-осевой коронкой: а – горизонтальными слоями; б – вертикальными слоями

Стреловидные ИО с поперечно-осевой коронкой (рис. 4.15) имеют коронку 1, ось которой находится в горизонтальной плоскости и перпендикулярна продольной оси стрелы 2.

На рис. 4.16 приведена схема последовательной обработки забоя и технологические режимы работы аксиальной коронки (сферической формы), которыми оснащены проходческие комбайны типа П110, П220. Анализ этой схемы показывает, что полный цикл обработки забоя арочной формы включает значительное количество последовательных опе-

раций: фронтальная зарубка; вертикальная зарубка; боковой рез. Возможна также схема обработки забоя вертикальными полосами.

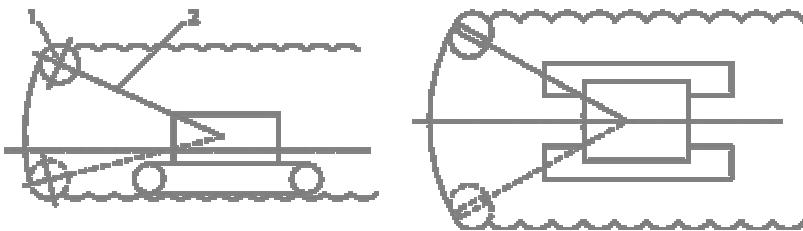


Рис. 4.15. Схема обработки поверхности выработки исполнительным органом с поперечно-осевой коронкой

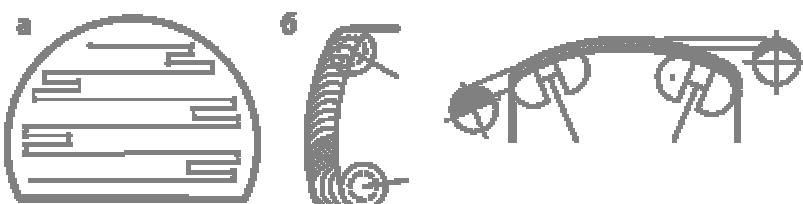


Рис. 4.16. Типовая схема последовательной обработки забоя (а) и режимы работы исполнительного органа с аксиальными коронками (б)

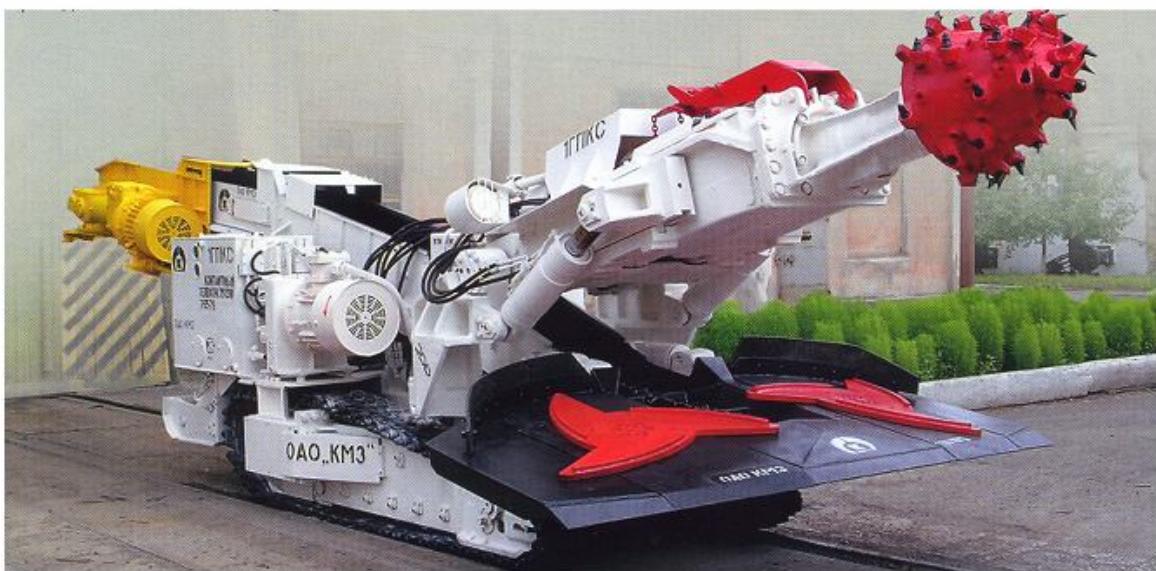


Рис. 4.17. Комбайн проходческий 1ГПКС со стреловидным исполнительным органом с продольно-осевой коронкой

Следует отметить, что ИО с поперечно-осевой коронкой предпочтительнее с точки зрения обеспечения устойчивости проходческого комбайна, чем ИО с продольно-осевой коронкой, так как усилие поворота, которое необходимо приложить к стреле для ее перемещения, в первом случае значительно меньше, чем во втором. Это вызвано тем,

что при горизонтальной подаче поперечно-осевой коронки на усилие поворота оказывают влияние только силы подачи на резцах, но не силы резания, которые расположены в плоскостях, перпендикулярных направлению подачи.



Рис. 4.18. Комбайн проходческий КПУ со стреловидным исполнительным органом с поперечно-осевой коронкой

Итак, ИО с поперечно-осевой коронкой присущее следующее основное преимущество по сравнению с ИО с продольно-осевой коронкой – более благоприятный с точки зрения обеспечения устойчивости комбайна вектор внешней нагрузки на исполнительный орган вследствие нахождения векторов сил резания в плоскостях, перпендикулярных направлению подачи коронки.

Вместе с тем, следует отметить и недостатки ИО этого типа:

- ниже качество обработки забоя, чем при работе ИО с продольно-осевой коронкой, что отрицательно сказывается на трудоемкости процесса крепления выработки и ее устойчивости;
- невозможность проведения водосточной канавки и осуществления селективной выемки полезного ископаемого.

**Буровые** исполнительные органы по принципу разрушения и конструкции разделяются на роторные и планетарные. **Роторные** исполнительные органы применяются для разрушения угля и пород слабых и выше средней крепости. При слабых породах резцы прорезают концентрические щели, а скальватели разрушают образующиеся коль-

цевые целики. В **планетарных** исполнительных органах режущий инструмент перемещается по сложной кривой.

**Шнековые** обычно состоят из двух встречно вращающихся и рядом расположенных шнеков.



Рис. 4.19. Проходческий комбайн ПК8МА с роторным исполнительным органом

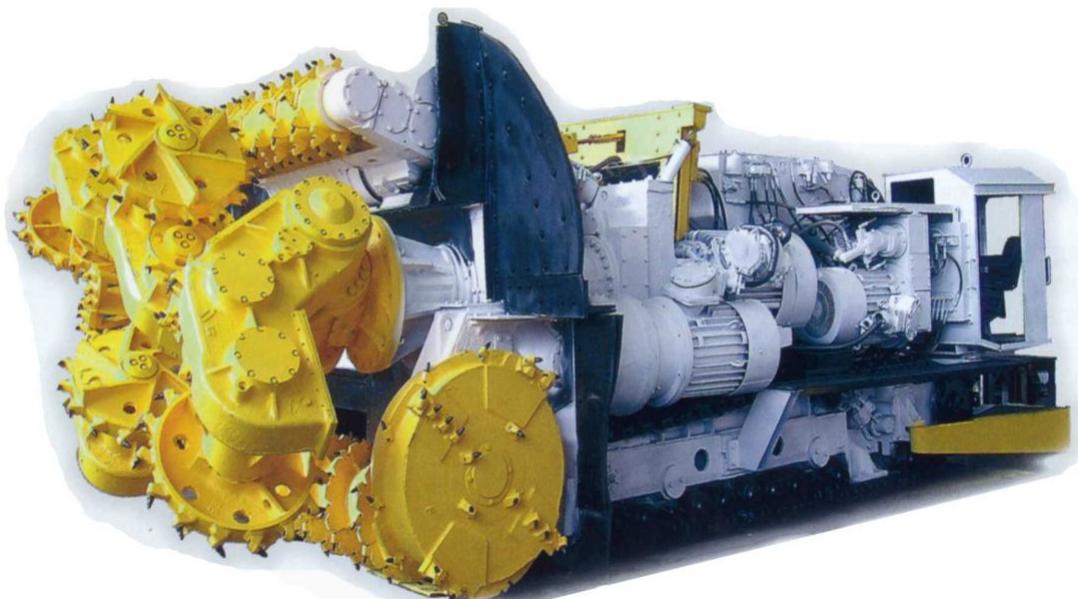


Рис. 4.20. Проходческо-очистной комбайн Урал-20Р с планетарным исполнительным органом

**Комбинированные** исполнительные органы, перемещающиеся в одной плоскости, сочетают в себе элементы баровых, корончатых и других органов. Исполнительные органы, перемещающиеся в двух плоскостях, разделяются на фрезерные (однобарабанные), двухфрезерные (двухбарабанные), лучевые, кольцевые, дисковые и комбинированные.



Рис. 4.21. Проходческий комбайн КПА со шнековым исполнительным органом

Свыше 95% всего объема комбайнового проведения горных выработок на угольных шахтах страны и почти в такой же пропорции на угольных шахтах большинства угледобывающих зарубежных стран производится с использованием комбайнов избирательного действия со стреловым исполнительным органом.

Стреловые комбайны в наилучшей степени отвечают условиям работы в угольных шахтах, особенно при проведении пластовых выработок. Отличительной особенностью проходческих комбайнов этого типа является конструкция исполнительного органа. Выполнен он в виде цельной либо шарнирно-ломающейся стрелы с режущей коронкой на переднем призабойном ее конце и электроприводом с редуктором на заднем конце.

Повороты стрелы в горизонтальной и вертикальной плоскостях осуществляются, как правило, системой гидроцилиндров.

Режущие коронки стреловых комбайнов имеют коническую, сферическую (шаровую) либо цилиндрическую форму.

Коронки проходческих комбайнов избирательного действия в последние годы, как правило, снабжаются поворотными резцами типа РКС различных типоразмеров, устанавливаемыми в резцедержателях-кулаках коронки тангенциально. Такое расположение резцов и их поворот в резцедержателях улучшает эффективность разрушения угля, а также пород с коэффициентом крепости до 6–8 ед., по шкале проф. М.М. Протодьяконова, повышает срок службы твердого сплава на резце и самого резца. Для разрушения крепких пород используются также радиальные породные резцы типа РПП-2.

Резцедержатели на коронках располагаются по спирали, что способствует удалению отбитой горной массы от забоя.

Конструктивно целесообразным явилось расположение электродвигателя и редуктора исполнительного органа на самой стреле. При этом реализуется раздвижность стрелы, имея ввиду, что зарубка коронок в массив осуществляется раздвижкой (телескопическим удлинением) стрелы, а не подачей всего комбайна на забой, что, как полагают, повышает его устойчивость в работе. С другой стороны, подача комбайна на забой для выполнения следующего цикла выемки приближает переднюю кромку питателя к забою, чем обеспечивается более полная уборка отбитой горной массы.

Установлено, что для уборки отбитой горной массы предпочтительным и наиболее производительным являются питатель с нагребающими одно- или двухвильными лапами с непрерывной боковой погрузкой на скребковый конвейер комбайна с вертикально-замкнутыми рабочей и холостой ветвями. Этот конвейер служит для перегрузки горной массы от питателя в вагонетки, штrekовый конвейер или другое транспортное средство, располагаемое по выработке. Как правило, разгрузочная стрела этого конвейера делается поворотной в одну и в другую сторону, а также с возможностью изменения высоты разгрузки горной массы на различные транспортные средства, расположенные позади комбайна.

Такое перегрузочное устройство на комбайне удобно компонуется в середине машины, транспортирует горную массу, как в горизонтальной, так и в наклонной выработке, проводимой по падению пласта, позволяет осуществлять поворот его в сторону и изменение высоты разгрузки.

Большая часть серийно выпускаемых и вновь создающихся стреловых комбайнов оснащается удлиняющимися либо одной длины ленточными перегружателями, позволяющими грузить отбитую горную массу в партию шахтных вагонеток.

Основным типом ходового устройства для передвижения проходческого комбайна со стреловидным исполнительным органом является гусеничный механизм, позволяющий оперативно и быстро переста-

навливать комбайн на новую позицию, а также выводить его из пройденной выработки и перегонять в новый забой. Последние модели мощных проходческих комбайнов со стреловидным исполнительным органом оснащаются гидрофицированными аутригерами – по два на каждую сторону комбайна, обеспечивающими устойчивость его во время работы.

Привод гусеничного хода проходческих комбайнов, как правило, электрический. Некоторые модели комбайнов имеют индивидуальный привод на каждую гусеничную цепь, что повышает их маневренность и, как полагают, упрощает механизмы приводов и их управление.

Комбайны на гусеничном ходу можно безопасно использовать для проведения выработок с углами наклона до  $\pm 12^\circ$ . Использование их для проведения выработок с большими углами наклона обуславливает применение для удержания комбайна от сползания в забой уклона специальных лебедок, а при проведении восстающих выработок – специальных устройств для удержания комбайна и увеличения напорного усилия на забой. Определенным ограничением применения стреловых комбайнов на проходке уклонов служит угол наклона таких выработок в  $15\text{--}18^\circ$ , при превышении которого резко падает производительность погрузочных устройств и особенно скребковых и ленточных перегружателей.

Управление проходческим комбайном осуществляет оператор с помощью пульта, находясь на сидении, расположенном на комбайне. Ряд проходческих комбайнов управляются оператором с помощью дистанционно-выносного пульта.

Буровые комбайны значительно сложнее по конструкции стреловидных и, как следствие, весьма дорогостоящие. Этими и рядом других факторов объясняется целесообразность использования комбайнов буро-вого типа при проведении чистопородных выработок по породам высокой крепости и протяженностью не менее 800–1000 м, к тому же при обязательной стабильности горнотехнических характеристик пересекаемых пород. Наличие нарушений (сдвигов, сбросов, крупных трещин, вывалов и др.) существенно осложняет работу комбайна. Размеры сечения сооружаемых роторными комбайнами выработок практически неизменны.

#### 4.4. Очистные комбайны

**Условия применения очистных комбайнов.** Большое влияние на конструкцию очистных комбайнов оказывают разнообразные горно-геологические условия, основным из которых является мощность угольного пласта, измеряемая от кровли до почвы пласта.

Очистной комбайн, работая в комплексе с механизированной (индивидуальной) крепью и конвейером в соответствии с состоянием кровли и почвы извлекает пласт определенной мощности. Она может быть меньше или больше мощности всего пласта и называется вынимаемой мощностью пласта  $H_p$ .

В табл. 4.7 приведены данные о распределении шахтных пластов по вынимаемой мощности. Наибольшее число шахтных пластов имеет среднюю вынимаемую мощность (70 % от общего числа). Средние пласты являются наиболее благоприятными для работы очистного комбайна.

Таблица 4.7  
Распределение шахтных пластов основных бассейнов России по вынимаемой мощности

Бассейн	от общего количества	Процентное распределение пластов				
		менее 0,8	0,8...1,2	1,2...2,5	2,5...4,5	свыше 4,5
Кузнецкий	66,6	-	8	63	12	17
Приморский	7,8	-	8	88	4	-
Печорский	7,5	2	16	74	8	-
Челябинский	7,2	-	7	84	2	7
Сахалинский	6,0	10	85	3	2	-
Подмосковный	4,9	-	-	100	-	-

При подвигании очистного забоя очистной комбайн движется по падению или восстанию пласта. 65% пластов на территории России относятся к полого-наклонным и они наиболее благоприятны для применения очистных комбайнов.

При наличии газов, содержащихся в угольном пласте, предъявляются особые требования к конструкции очистного комбайна и скорости его перемещения, которая должна быть увязана с максимально возможной скоростью проветривания очистного забоя.

Свойства угольных пластов существенно влияют на работу очистных комбайнов. При ведении горных работ под действием давления вышележащих пород происходит перераспределение напряженного со-

стояния угольного пласта как по длине, так и по глубине лавы, что существенно изменяет сопротивление угольного пласта разрушению.

На нарушение сплошности угольного массива (отжима угля) влияют: глубина залегания пласта; свойства и строение боковых пород; мощность и строение пласта; газонасыщенность; ширина призабойного пространства; тип, плотность и жесткость призабойной крепи; скорость подвигания и время обнажения забоя; направление выемки относительно кровли и т.д. При работе очистного комбайна разрушение угольного массива происходит специальным горнорежущим инструментом, который, взаимодействуя с угольным пластом, осуществляет его разрушение. В зависимости от сопротивления углей резанию определяются нагрузки, действующие на инструмент и исполнительный орган, на котором он закреплен, подбирается мощность электродвигателей, определяются скорость перемещения и производительность комбайна.

**Классификация очистных комбайнов.** Многообразие горно-геологических условий и механических свойств углей, а также требований технологии отработки пласта обуславливает разнообразие очистных комбайнов.

Все очистные комбайны разделяются на группы по следующим основным классификационным признакам:

1. По вынимаемой мощности пласта:

- для особо тонких – до 0,8 м;
- тонких – 0,8...1,2 м;
- средних – 1,2...2,5 м;
- мощных – 2,5...4,5 м;
- особо мощных – более 4,5 м.

2. По углу залегания угольного пласта:

- для пологих пластов – до  $9^{\circ}$ ;
- для наклонных пластов –  $9...35^{\circ}$ ;
- для крутых пластов – свыше  $35^{\circ}$ .

3. По типу исполнительного органа:

- баровые;
- корончатые;
- барабанные;
- шнековые.

4. По количеству исполнительных органов и их расположению:

- один;
- два сближенных;
- два разнесенных;
- три (два сближенных и один посередине);

- четыре, попарно разнесенные.

5. По типу системы перемещения:

- канатная система;
- цепная система;
- бесцепная система.

6. По расположению механизма подачи:

- встроенный;
- вынесенный.

7. По количеству механизмов подачи:

- один;
- два.

8. По типу привода механизма подачи:

- механический;
- гидравлический;
- электрический.

9. По количеству электродвигателей привода исполнительного органа:

- один;
- два;
- три;
- четыре.

10. По расположению электродвигателей привода исполнительного органа:

- продольное в неподвижной части комбайна;
- продольное в подвижной части комбайна;
- поперечное в неподвижной части комбайна;
- поперечное в подвижной части комбайна.

11. По условиям взаимосвязи с конвейером:

- расположен рядом с конвейером и не связан жестко с ним;
- расположен рядом с конвейером и жестко связан с ним;
- расположен над конвейером и жестко связан с ним.

12. По способу управления:

- ручное, непосредственно с комбайна;
- дистанционное, с переносного пульта на расстоянии 10...15 м от комбайна;
- программное, по программе, записанной бортовым компьютером;
- автоматизированное, без присутствия человека.

13. По наличию погрузочных устройств:

- имеются;
- отсутствуют.

14. По наличию устройств для дробления крупных кусков угля и породы:

- имеются;
- отсутствуют.

В процессе создания очистного комбайна необходимо оценить его по классификационным признакам. Выбор оценочных показателей зависит от условий эксплуатации, области применения и возложенных функций.

**Конструктивные схемы и основные параметры.** Конструктивные схемы узкозахватных очистных комбайнов, получивших наибольшее распространение благодаря наибольшей приспособленности их использования с механизированными крепями, различны, но наиболее прогрессивна из них схема с двумя исполнительными органами (шнеками или барабанами), размещенными по концам корпуса комбайна, что позволяет при вынесенных на штреки приводных головках скребкового конвейера производить безнишевую выемку угля в очистном забое. Применяются также комбайны с односторонним размещением исполнительного органа относительно корпуса.

Комбайн состоит из следующих частей: корпуса, в который вмонтированы электродвигатель, подающая часть и редуктор; исполнительного органа; механизма подачи; погрузочного устройства и гидросистемы управления.

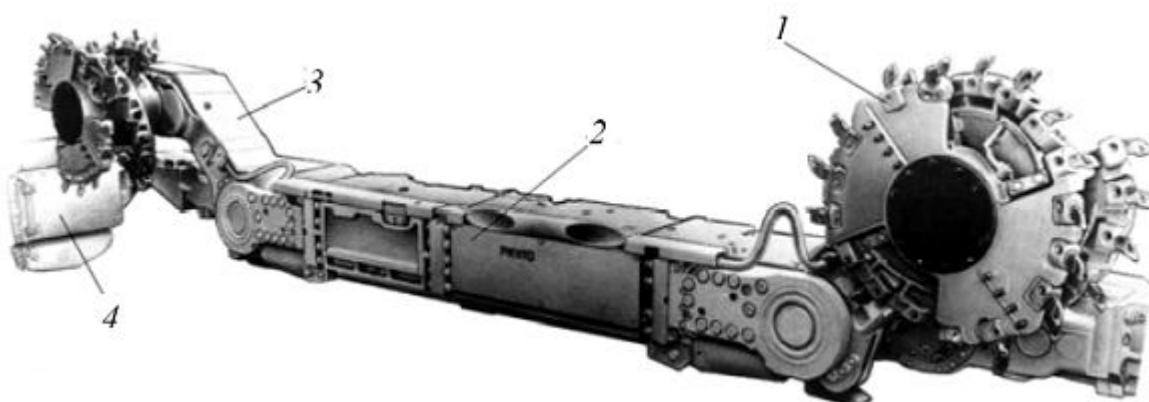


Рис. 4.22. Узкозахватный очистной комбайн: 1 – исполнительный орган, 2 – корпус, 3 – качающийся редуктор, 4 – погрузочное устройство (коужух)

Для упрощения системы управления комбайном более правильным является расположение корпуса комбайна над решетчатым ставом, по которому он и перемещается. Большинство шнековых комбайнов используют эту схему компоновки. Необходимость создания шнекового

комбайна для тонких пластов мощностью 0,7–0,75 м привело к расположению корпуса между забоем и конвейером.

Перемещается комбайн вдоль забоя на пластах с углом падения до 35° с помощью встроенного в него гидравлического или электрического механизма подачи и растянутой тяговой корабельной цепи, концы которой закреплены на приводных головках конвейера. Комбайны для тонких пластов, например 1К103 и КА80, перемещаются с помощью вынесенных на штреки механизмов подачи и прикрепленной к корпусу комбайна тяговой цепи, за счет чего сокращается длина комбайна, что имеет большое значение при работе на тонких пластах с неспокойной гипсометрией (исключается заклинивание корпуса между кровлей и почвой).

Системы подачи комбайна делятся на:

- *цепную* (комбайн за счет своей подающей части движется вдоль лавы по цепи, закрепленной на концевых станциях лавного конвейера);
- *выносную* систему подачи (ВСП), при которой на комбайне отсутствует подающая часть, роль которой выполняют 2 блока ВСП, располагаемые на приводных станциях забойного конвейера и перемещающие по лаве замкнутую цепь, которая закреплена на комбайне;
- *бесцепную (реечную)*, обеспечивающую движение комбайна по лаве за счет системы «подающая часть (располагаемая на комбайне) – рейка (располагаемая в комплекте навесного оборудования конвейера)». Все современные комбайны оснащаются бесцепной системой подачи.

При камерной и камерно-столбовой системах разработки наибольшее распространение получили комбайны «Континиус Майнер» (СМ 25М3), «Джой», LA M30, ДБТ, которыми можно отрабатывать угольный пласт от 1,0 до 3,2 м.

При этом обеспечивается производительность 0,5 млн т/год на 1 комплект оборудования, включающий комбайн «Континиус Майнер», самоходные вагоны, анкероустановщик, самоходные секции механизированной крепи для сопряжений.

В настоящее время для тонких пластов кроме шнековых комбайнов выпускаются комбайны с двумя вертикальными барабанами, каждый из которых расположен по концам корпуса комбайна. Корпус этого комбайна также вынесен и перемещается за конвейером в специальном желобе.

Главным параметром очистного комбайна, определяющим интенсивность выемки угля, является его энерговооруженность. От 100 кВт у первых комбайнов, этот параметр постоянно увеличивался и сейчас составляет порядка 700 кВт.

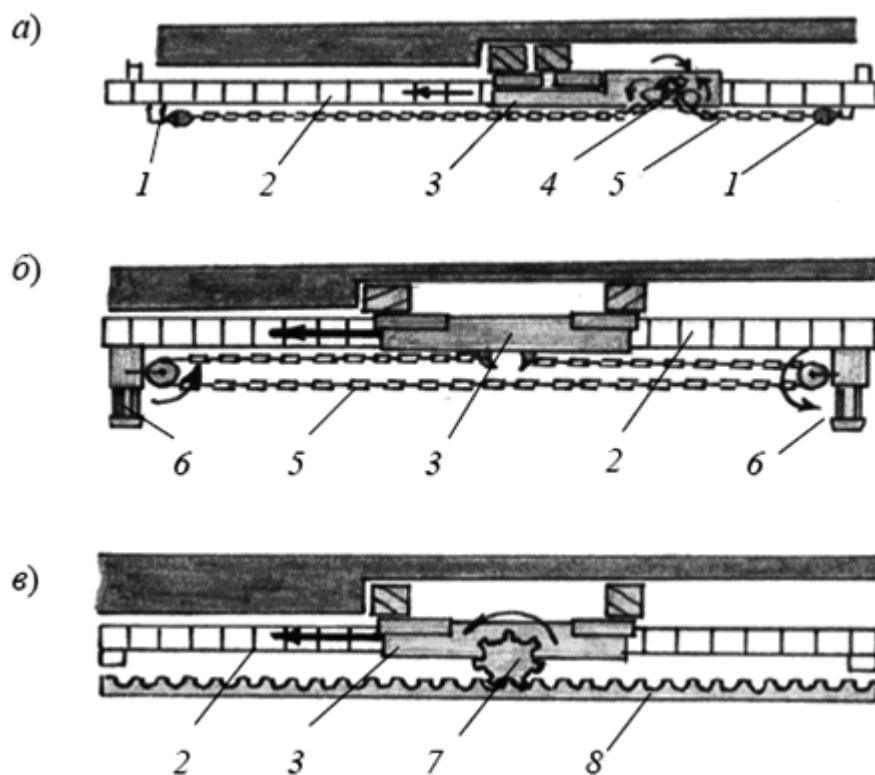


Рис. 4.23. Системы подачи комбайна: а) цепная (1К101У, 2К52), б) выносная (К85, К103), в) реечная (К500, К600) 1 – узел поворотный; 2 – забойный конвейер; 3 – комбайн; 4 – звезды подающей части; 5 – комбайновая цепь; 6 – выносная система подачи (ВСП); 7 – привод подачи; 8 – рейка (типа Эйкотрак, Динотрак, ЗБСП и др.)



Рис. 4.24. Комбайн Континиус Майнер CM 25M3 DBT

Вторым параметром комбайнов является вынимаемая мощность пласта, которая первоначально составляла 0,9–2,8 м, а в настоящее время равна 0,75–4,5 м.

Из способов подавления пыли, применяемых на очистных комбайнах известны: орошение, обволакивание исполнительного органа пеной, отсос пыли. Наиболее часто применяются системы орошения зоны разрушения и погрузка угля водой.

Размер фракции измельчения угля зависит от энерговооружености комбайна, вылета резцов, их числа и порядка расположения на линии резания, шага расстановки по линии резания.

**Работа комбайна в лаве.** Комбайны в очистном забое могут работать как по членковой, так и по односторонней схеме.

Особенность членковой схемы заключается в том, что часть отбитого угля, оставшаяся в забое после прохода комбайна грузится на лавный конвейер при передвижке его на новую дорогу за счет установленных на решетках специальных конструкций – лемехов.

Односторонняя схема характеризуется следующими отличительными чертами:

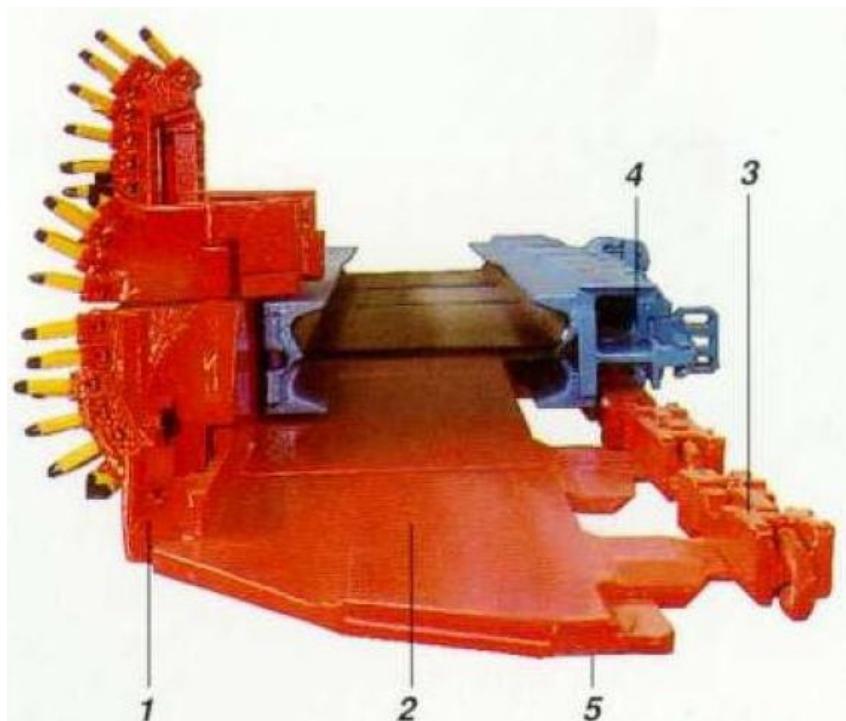
- уголь отбивается только при движении комбайна снизу вверх;
- погрузка отбитого угля, оставшегося после прохода комбайна по зарубке, производится при движении комбайна сверху вниз.

#### **4.5. Струговые установки**

Струговая выемка угля является оптимальной при разработке тонких пластов. На тонких пластах комбайн зачастую захватывает немало породы. В итоге доля чистого товарного угля в выдаваемой «на-гора» продукции снижается на десятки процентов, тогда как струг способен обеспечить высокое качество добычи с минимальными присечками породы. Кроме того, струг способствует повышению безопасности труда шахтеров на сверхкатегорийных по газу шахтах. Еще одно достоинство струга – экономическая эффективность, обуславливаемая его собственной относительно небольшой стоимостью и высокой производительностью.

Струговые установки для выемки пластов пологого и наклонного (до 35°) падения лавами с подвиганием по простиранию, падению или восстанию состоят из одних и тех же узлов и элементов, но отличаются расположением цепного тягового органа относительно конвейера струговой установки, типом опор самого струга – на конвейер или почву пласта и некоторыми особенностями этих элементов.

Выпускаемые в настоящее время струговые установки имеют цепной тяговый орган с двумя ветвями, одна из которых замыкается на струге. Цепь у одних типов струговых установок размещается на конвейере со стороны выработанного пространства в специальном навесном кожухе и приводит струг в движение через разрезную конвейерную плиту с одним или двумя шарнирами, на которую со стороны забоя монтируется корпус струга. Эти струги обхватывает снизу решеточный став, по которому и направляется установка. В технической литературе эти струги получили название «отрывные» (СО). Преимущество – удобство ремонта и замены тяговой цепи.

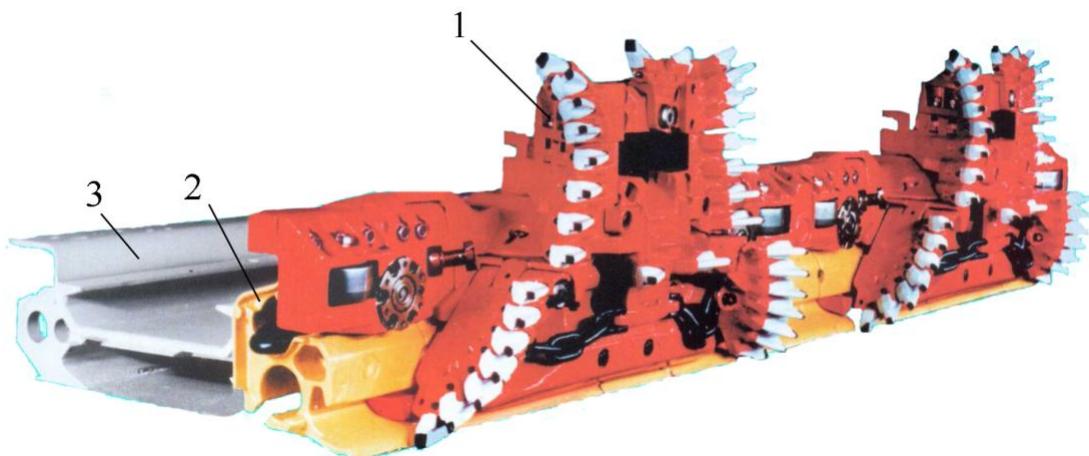


*Рис. 4.25. Струг отрывного типа: 1 – ограничитель, 2 – подконвейерная плита, 3 – устройство для монтажа цепи, 4 – направляющая, 5 – очистная направляющая*

Ко второму типу относятся струговые установки, струги которых не имеют подконвейерную плиту. Здесь струг опирается и скользит по направляющим под наклонным навесным кожухом, внутри которого размещены ветви тяговой цепи. Наклонный кожух нижней кромкой постоянно прижат к забою гидродомкратом подачи. В технической литературе эти струги получили название «скользящего» типа (СН).

Отличие стругов скользящего действия заключается в почти полном отсутствии отхода конвейера от забоя во время работы, меньшим расходом мощности на трение в опорах (в отличие от отрывных, у которых расход на трение составляет 75% от мощности), лучшими условия-

ми погрузки угля. Данные преимущества позволяют применять струговые установки скользящего типа на пластах с повышенной сопротивляемостью резанию и сравнительно некрепкой почвой. Недостатки – высокая затрата металла и необходимость усиленной конструкции конвейера.



*Рис. 4.26. Струг скользящего типа: 1 – исполнительный орган, 2 – направляющая, 3 – решетка конвейера*

Предпочтительной областью применения струговых установок являются очистные забои длиной до 300 м на пластах мощностью 0,4—2 м, с углом падения до  $25^\circ$  при сопротивляемости пласта резанию до 250 кН/м. В основных угледобывающих странах мира струги применяются в ограниченных объемах; в странах СНГ добыча стругами (антрацитов в Донбассе) составляет около 3% общей годовой добычи; наибольшее распространение получила струговая выемка в Германии при добыче мягких углей.

Применение струговых установок любых конструкций имеет ряд отличительных особенностей в сравнении с комбайновой выемкой:

- схема работы струга – челноковая;
- отделение угля от массива производится стружками
- в зависимости от устойчивости кровли можно выбирать оптимальный шаг передвижки крепи;
- в верхней части пласта, которая не обрабатывается стругом и обрушается под собственным весом, нередко образуется зависание верхней пачки угля, что приводит к образованию нетранспортабельных кусков угля, что в свою очередь вызывает необходимость установки на конвейере дробилки.

Струговая выемка предусматривает отбойку угля от массива и погрузку его на забойный конвейер в бесстоечном призабойном пространстве. Массив угля стругом разрушается в зоне, отжатой горным давлением, с толщиной среза до 250 мм. Вдоль забоя струг перемещается при помощи бесконечной круглозвенной тяговой цепи, на забой подается гидродомкратами, установленными вдоль струговой установки. Уголь на конвейер грузится корпусом движущегося струга одновременно с отбойкой угля.

На шахтах стран СНГ и за рубежом в настоящее время получили распространение быстроходные струговые установки (скорость движения 0,5–3 м/с) статического действия, характерного постоянным контактом струга с массивом угля, с зубчатыми стругами.

При мощности пласта до 1 м целесообразнее применять струговые установки отрывного типа СО и лишь на пластах большей мощности – струговые установки скользящего типа СН. При суточной нагрузке на лаву до 2000–2500 т могут эффективно применяться струговые установки легкого класса, а использование струговых установок среднего и тяжелого классов целесообразно для более высоких нагрузок. Принимая во внимание изложенное, «ШахтНИИИ» – ведущий разработчик струговых установок в России, разработал ряд струговых установок отрывного и скользящего типа легкого и среднего класса:

- струговая установка скользящего класса 1CH2623 (1CH99) (легкого класса) снаряжена 4 двигателями суммарной мощностью 440 кВт, предназначена для отработки пластов мощностью до 1,25 м, с углами падения до 25°, сопротивляемостью резанию 300 кН/м;
- струговая установка 2CH3413 (СН-06) (среднего класса) для пластов мощностью до 1,6 м, с углами падения до 25°, сопротивляемостью резанию 300 кН/м;
- струговая установка 1CO2623 (СО75М-50) (легкого класса) предназначена для отработки пластов мощностью 0,55–1,0 м, с углами падения до 25°, сопротивляемостью резанию 250 кН/м;
- струговая установка 2CO2623 предназначена для отработки пластов мощностью до 1,4 м, с углами падения до 25°, сопротивляемостью резанию 250 кН/м.

Режущий инструмент стругов состоит из почвенных (НП1 и НП2) и опережающих (НО и НОТ) ножей, почвенных, нижних, средних, опережающих и подрезных резцов. В специальные гнезда в корпусах резцов устанавливаются армированные пластинками твердого сплава режущие вставки, которые по мере износа заменяются.

## **4.6. Концевые операции в лаве**

### **4.6.1. Состав концевых операций**

Работы, выполняемые в завершающей фазе цикла выемки угля и проводимые, как правило, на концевых участках лавы, называются *концевыми операциями*. К концевым операциям относятся и работы, выполняемые на сопряжениях лавы со штреками и в штреках в непосредственной близости от лавы, которые оказывают влияние на цикличность работы лавы.

К концевым операциям на сопряжениях лав с подготовительными выработками относятся: проведение ниш буровзрывным способом, с помощью отбойных молотков или нарезными комплексами; возведение посадочной крепи (выкладка костров, тумб из железобетонных блоков или бетонно-деревянных блоков, выкладка бутовых полос, возвведение литой полосы и др.), передвижка комбайна на новую полосу (дорогу).

К концевым операциям в прилегающих подготовительных выработках относятся: укорачивание или передвижка штревового перегружателя, передвижка крепи сопряжения, передвижка приводных станций лавного оборудования (конвейер, струг), демонтаж, монтаж элементов или усиление крепи выработки и др.

Размещение приводных станций забойных конвейеров определяет объем концевых операций. Размещение приводных станций в лаве вызывает необходимость проведения одной или двух ниш. Размещение приводных станций в прилегающих подготовительных выработках позволяет вести безнишевую выемку угля.

### **4.6.2. Варианты выполнения концевых операций комбайном**

**Задвижка комбайна в нишу.** Это один из наиболее применяемых вариантов выполнения концевых операций комбайном. Применяется при размещении приводных станций забойного конвейера в лаве, что вызывает необходимость проведения ниш.

Перед началом нового цикла комбайн устанавливается шнеками напротив ниши. Конвейерный став передвинут на новую дорогу, за исключением 10–15 м. Выполняется перекрепление стоек крепи ниши для свободного перемещения незадвинутого става конвейера с комбайном в нишу. При необходимости выполняется зачистка дороги под передвижку конвейера.

Задвижка комбайна в нишу на новую дорогу производится вместе с приводной станцией конвейера. Выполняется задвижка усилием ли-

нейных гидродомкратов секций механизированной крепи и гидродомкратов передвижки приводной станции конвейера.

Этот вариант концевых операций комбайном применим для комбайнов с односторонним расположением шнеков. Для комбайнов с разнесенным расположением шнеков применяется вариант концевых операций косыми заездами.

**Самозарубка комбайна косыми заездами.** Это наиболее распространенный вариант концевых операций комбайном, применимый в любых горно-геологических условиях, осуществимый любым типом комбайнов.

Последовательность операций при этом варианте следующая: Исходное положение: конвейер придвигнут к забою, за исключением участка, на котором размещается комбайн (10–15 м).

Операция 1 (рис. 4.27, а) – комбайн движется по ставу конвейера и вынимает клинообразную полосу угля длиной около 20 м.

Операция 2 (рис. 4.27, б) – приводная станция конвейера одновременно с недодвинутой частью става конвейера передвигается на новую дорогу.

Операция 3 (рис. 4.27, в) – комбайн возвращается в исходное положение, снимая клинообразную полосу угля.

Операция 4 (рис. 4.27, г) комбайн подгоняется к уступу угольного забоя.

После этого комбайн готов к выемке угля по всей лаве.

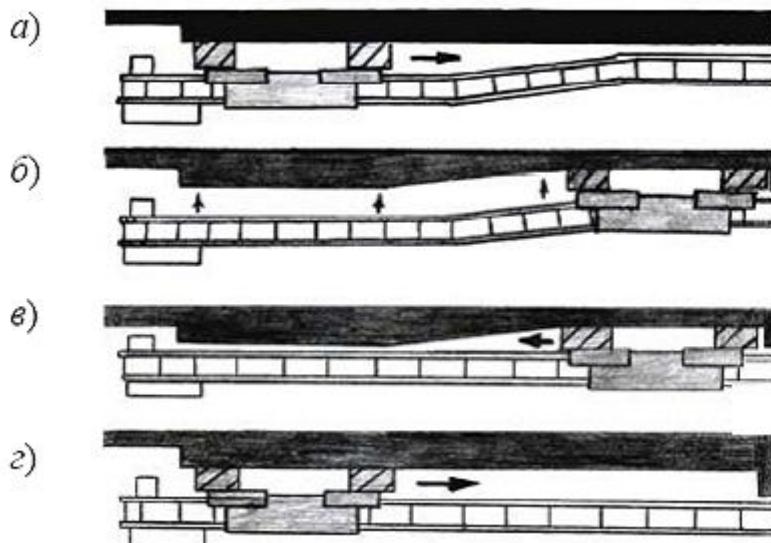


Рис. 4.27. Последовательность концевых операций при самозарубке комбайна косыми заездами

На пластах с сопротивляемостью угля резанию до 200 кН/м применяется фронтальная зарубка комбайна. Она осуществляется за счет внедрения в массив угля вращающихся шнеков комбайна, размещенного на ставе конвейера и подаваемого к забою усилием линейных домкратов механизированной крепи. При этом шнеки комбайна должны быть укомплектованы торцевыми зубками.

Варианты выполнения концевых операций при струговой выемке аналогичны комбайновым вариантам задвижки в подготовленную нишу и косыми заездами.

#### 4.7. Конвейеры

**Классификация конвейеров.** Конвейер, транспортер – машина непрерывного действия для перемещения сыпучих, кусковых или штучных грузов. Конвейеры наиболее целесообразно классифицировать по принципу действия и конструктивным признакам, типу тягового и грузонесущего органа, роду перемещаемого груза, назначению и областям применения.

Основной классификационный признак конвейера – тип тягового и грузонесущего органов. Различают конвейеры с ленточным, цепным, канатным и другими тяговыми органами и конвейеры без тягового органа (винтовые, инерционные, вибрационные, роликовые). По типу грузонесущего органа конвейеры могут быть: ленточные, пластиначатые, скребковые, подвесные грузонесущие, толкающие, тележечные, ковшовые и люлечные, а также винтовые, инерционные, вибрационные, роликовые.

По принципу действия различают конвейеры, перемещающие груз на непрерывно движущейся сплошной ленте или настиле, в непрерывно движущихся ковшах, подвесках, платформах, тележках; по неподвижному желобу или трубе непрерывно движущимися скребками.

По назначению различают конвейеры стационарные и передвижные для насыпных, штучных грузов и для пассажиров, а по направлению перемещения грузов – с вертикально замкнутой, горизонтально замкнутой и пространственной трассами. По областям применения конвейеры подразделяют на машины общего назначения и специальные (стакеры, элеваторы, эскалаторы, движущиеся тротуары).

Конвейеры являются составной, неотъемлемой частью современного технологического процесса, они устанавливают и регулируют темп производства, обеспечивают его ритмичность, способствуют повышению производительности труда и увеличению выпуска продукции. Наряду с выполнением транспортно-технологических функций конвейеры

являются основными средствами комплексной механизации и автоматизации погрузочно-разгрузочных и складских операций.

На современных предприятиях конвейеры используют в качестве: высокопроизводительных транспортных машин, передающих грузы из одного пункта в другой на участках внутризаводского и, в ряде случаев, внешнего транспорта; транспортных агрегатов мощных перегрузочных устройств (например, мостовых перегружателей, отвалообразователей и т.п.) и погрузочно-разгрузочных машин; машин для перемещения грузов-изделий по технологическому процессу поточного производства от одного рабочего места к другому, от одной технологической операции к другой, устанавливая, организуя и регулируя темп производства и совмещая, в ряде случаев, функции накопителей (подвижных складов) и распределителей грузов-изделий по отдельным технологическим линиям; машин и передаточных устройств в технологических автоматических линиях изготовления и обработки деталей и узлов изделий.

Тесная связь транспортирующих машин с общим технологическим процессом производства обуславливает высокую ответственность их работы и назначения. Поэтому конвейеры должны быть надежными (безотказными), прочными, удобными в эксплуатации и способными работать в автоматических режимах.

Современное развитие всех отраслей промышленности обусловливают следующие основные направления развития конвейерных машин.

1. Создание машин для бесперегрузочного транспорта грузов от начального до конечного пунктов по прямолинейной и сложной пространственной трассе большой протяженности. Этому направлению подчинено создание многоприводных конвейеров различных типов (подвесных, пластинчатых, скребковых, ленточных), мощных ленточных конвейеров со сверхпрочными лентами, ленточно-канатных и ленточно-цепных конвейеров с прочным тяговым элементом в виде канатов или цепи, изгибающихся скребковых и пластинчатых конвейеров, сложных разветвленных систем подвесных толкающих конвейеров, трубчатых скребковых конвейеров с пространственной трассой и др.
2. Повышение производительности конвейерных установок реализуется путем выбора наиболее рациональной формы грузонесущего элемента конвейера для увеличения количества груза на единице его длины, а также путем повышения скорости грузонесущих элементов.
3. Повышение надежности машин и упрощение их обслуживания в тяжелых условиях эксплуатации являются основными предпосылками

для перехода к полной автоматизации управления машинами и комплексами машин.

4. Автоматизация управления машинами и комплексными конвейерными системами с использованием ЭВМ.
5. Снижение массы и уменьшение габаритных размеров конвейеров за счет принципиально новых, облегченных конструкций машин и их узлов, широкого применения пластмасс и легких сплавов, гнутых профилей металла вместо прокатных и т.п.
6. Улучшение условий труда обслуживающего персонала и производственных рабочих, исключение возможности потерь транспортируемого груза, изоляция от окружающей среды пылевидных, горячих, газирующих и химически агрессивных грузов.
7. Унификация и нормализация оборудования с одновременным увеличением количества его типоразмеров.
8. Повышение качества и культуры производства машин за счет широкого применения методов передовой технологии и технической эстетики.

**Область применения конвейеров.** Высокая производительность, непрерывность грузопотока и автоматизация управления обусловили широкое применение конвейеров в различных отраслях промышленности. В ряде случаев одна и та же транспортная операция может быть выполнена различными конвейерами.

При решении задачи рационального выбора типа конвейера, обеспечивающего наибольший технический и экономический эффект, необходимо учитывать следующие факторы: свойства транспортируемых грузов; расположение пунктов загрузки и разгрузки, а также расстояние между ними; потребную производительность машин; требуемую степень автоматизации производственного процесса, обслуживаемого проектируемой транспортной установкой; способ хранения груза в пункте загрузки (в бункерах, штабелях, на стеллажах и т.п.) и характеристику устройства, принимающего груз (конвейер, бункер, технологическая машина и т.п.); характеристику места установки транспортного устройства (на открытой местности, в отапливаемом или неотапливаемом помещении); размеры пространства, отводимого под транспортирующую установку; конфигурацию трассы; особые факторы, вызванные спецификой обслуживаемого установкой производства (недопустимость пыления, шума); возможность частого изменения трассы транспортирования или системы адресования; требования техники безопасности и др.

В зависимости от размера кусков груза и его массы может быть произведен ориентировочный выбор типа конвейера с последующим уточнением его конструктивного исполнения.

### **Основные элементы конвейеров.**

#### **Тяговые элементы.**

В качестве тяговых элементов конвейеров служат ленты, цепи и канаты.

Ленты используют резинотканевые, цельнотканевые и резинотротсовые.

В конвейерах с цепным тяговым органом используют цепи пластинчатые, круглозвенные, разборные, крючковые, вильчатые и др. При легких режимах работы применяют простые пластинчатые шарнирные (безвтулочные) цепи: штыревые, роликовые и катковые. Их звенья образуются из пластин, свободно надеваемых на концы валиков. Из-за небольшой площади их шарнира возникают высокие удельные нагрузки в шарнирах и быстрый износ при повышенных скоростях и больших тяговых усилиях.

При средних и тяжелых режимах работы используют втулочные, втулочно-роликовые и втулочно-катковые цепи.



*Рис. 4.28. Круглозвенные (а) и пластинчатые (б) тяговые цепи*

Достоинствами тяговых пластинчатых цепей являются: простота изготовления на универсальном оборудовании и экономичность в массовом производстве; простота крепления рабочих органов; высокая точность изготовления, обуславливающая возможность применения их при больших скоростях движения; высокие прочность и износостойкость, обеспечиваемые термической обработкой и благоприятным расположением нагрузки в шарнирах. К недостаткам относятся: потеря подвижности в закрытых шарнирах (втулочные цепи) при работе в пескообразных и коррозионных средах, отсутствие пространственной гибкости, сложность обеспечения неподвижных соединений деталей шарниров с пластинами.

Круглозвеные сварные тяговые цепи (ГОСТ 2319-81) изготавливаются калиброванными (СК) и некалиброванными (СН). Цепи изготавливаются из круглой горячекатанной стали по ГОСТ 2590-71 и калиброванной стали по ГОСТ 7417-75. Пример условного обозначения калиброванной цепи  $d = 16$  мм,  $t_u = 44$  мм: «Цепь СК 16Х44, ГОСТ 2319-81» и некалиброванной цепи  $d = 6$  мм,  $t_u = 19$  мм: «Цепь СН 6Х19, ГОСТ 2319-81».

Высокопрочные сварные круглозвеные цепи предназначены для работы в качестве тяговых органов конвейеров, комбайнов и других машин. Цепи изготавляются следующих классов прочности:  $A_1$ ,  $B_1$ ,  $C$  и  $D$ .

Достоинствами круглозвенных цепей являются: простота конструкции, наивысшая прочность единицы массы (у термообработанных деталей), пространственная гибкость, наличие открытого самоочищающегося шарнира. К недостаткам относятся: изготовление на узкоспециализированном дефицитном оборудовании, малая площадь контакта звеньев и связанный с этим повышенный износ, относительно невысокая точность изготовления, ограничивающая возможность использования при высоких скоростях движения, сложность крепления рабочих органов, пониженная прочность и сложность изготовления соединительных звеньев. Несмотря на указанные недостатки, с появлением термически обработанных круглозвенных цепей, износстойкость которых во много раз выше термически необработанных, их применение в транспортирующих машинах непрерывно расширяется как при относительно легких, так и при весьма напряженных режимах работы.

Разборные цепи из кованых (горячештампованных) звеньев получили преимущественное применение в конвейерах с пространственными и искривленными трассами (подвесные конвейеры, переносные разборные скребковые конвейеры угольных шахт).

Достоинствами разборных цепей являются: простота сборки и разборки, подвижность в двух взаимно перпендикулярных направлениях, наличие открытого шарнира, простота крепления рабочих органов. К недостаткам кованых цепей относятся: сложность технологического процесса, узкое применение специализированного оборудования, невысокая точность изготовления.

### **Опорные и поддерживающие устройства.**

Опорными устройствами для лент и реже для пластинчатого настила служат стационарные ролики, обеспечивающие большой срок службы несущего органа и малое сопротивление его передвижению. При транспортировании штучных грузов и пассажиров ленточные конвейеры иногда снабжают опорами скольжения в виде неподвижного на-

стила для обеспечения плавного движения ленты без вертикальных смещений, вызываемых прогибом ленты в межпорных промежутках под действием массы груза. Ходовые катки служат опорными элементами пластинчатого настила, скребков, ковшей, ступеней эскалаторов, несущих цепей, тележек подвесных, тележечных и грузоведущих наземных конвейеров.

К опорным устройствам принадлежат направляющие и подвесные пути, а также станины конвейеров. У скребковых конвейеров цепи иногда снабжают вместо ходовых роликов (катков) ползунами, перемещающимися по неподвижным направляющим путям. Опорным элементом цепей конвейеров сплошного волочения является непосредственно днище желоба.

### **Приводы конвейеров.**

Приводы конвейеров с гибким органом подразделяют на фрикционные и с зубчатым зацеплением. Во фрикционных приводах тяговое усилие передается на гибкий орган силой трения его о приводной барабан или блок. Фрикционный привод применяют для лент, канатов и реже для цепей. Привод с зубчатым зацеплением применяют для цепей и реже для канатов с закрепленными на них муфтами. Различают приводы со звездочками (угловые) и гусеничные. Первые устанавливают в местах поворота цепи на угол  $90\text{--}180^\circ$ , а гусеничные приводы располагают на прямолинейных участках гибкого органа.

В зависимости от числа приводов на трассе конвейера различают конвейеры одноприводные и многоприводные. Применение нескольких приводов позволяет, как правило, снизить максимальное натяжение гибкого органа. При определении рационального места установки приводов по трассе конвейера основным критерием служит достижение в этом месте наименьшего натяжения гибкого органа.

Основными элементами приводов конвейеров являются: двигатели (электрические, внутреннего сгорания, гидравлические), муфты (упругие, зубчатые), редукторы и тормоза. В узлы приводов включаются также стопоры и ограничители крутящего момента.

Передача тягового усилия на гибкий тяговый орган конвейеров осуществляется приводными органами, к которым относятся барабаны, звездочки и шкивы.

### **Натяжные устройства.**

Натяжные устройства служат для создания необходимого минимального натяжения гибкого органа. Эти устройства разделяют на грузовые, механические, гидравлические и пневматические. Минимальное натяжение гибкого органа обусловливается необходимостью ограниче-

ния стрелы прогиба провисающих участков, динамическими процессами, тяговой способностью фрикционного привода и т.п.

По расположению грузовые устройства делят на хвостовые, расположенные в хвосте конвейера, и промежуточные. Достоинством грузовых натяжных устройств является автоматическая компенсация удлинения тягового органа и поддержание постоянного его натяжения в процессе эксплуатации. Недостатками грузовых натяжных устройств являются их громоздкость и неудобство применения в передвижных машинах из-за большой массы этих устройств. Месторасположение натяжной звездочки или блока влияет на натяжение цепи, и его выбирают с учетом динамических усилий.

Механические устройства подразделяют на шпиндельные, шпиндельно-пружинные, реечные и лебедочные. Шпиндельные устройства применяют у ленточных конвейеров малой длины.

Шпиндельно-пружинные устройства используют в цепных конвейерах для амортизации случайных пиковых усилий в цепи, которые возникают, например, при попадании куска груза между цепью и звездочкой. Наличие пружины, на которую опирается гайка шпинделя, позволяет в таких случаях избежать обрыва цепи. Реечное устройство подобно шпиндельному, но вместо винта имеет рейку, взаимодействующую с шестерней, вращаемой с помощью рукоятки. Лебедочное натяжное устройство по принципу действия подобно грузовому, но в нем груз заменен автоматической лебедкой, поддерживающей постоянство натяжения гибкого органа конвейера.

### **Загрузочные и разгрузочные устройства.**

Насыпные грузы на ленточные и пластинчатые конвейеры подаются через загрузочные воронки, подводящие материал к центру рабочего органа и устраниющие просыпь в загрузочном пункте. Элеваторы, скребковые, ковшовые и винтовые конвейеры принимают насыпной груз через загрузочные патрубки.

Пластинчатые конвейеры разгружаются через вал головных звездочек или при помощи промежуточных плужковых сбрасывателей. Скребковые и винтовые конвейеры принимают транспортируемый груз через загрузочные отверстия в крышке желоба, а выдают его через выпускные отверстия в днище желоба.

### **Очистительные устройства.**

В обеспечении надежной работы конвейеров важное значение имеют автоматические очистительные устройства: вращающиеся барабанные щетки, скребки для очистки лент и цепей от частиц налипшего на них материала, скребки для очистки поверхности барабанов, плужко-

вые сбрасыватели для удаления с холостой ветви ленты грязи и посторонних предметов и т.п.

#### 4.7.1. Скребковые конвейеры

**Классификация, конструктивные схемы и области применения.** Доставка угля и калийной соли из очистных забоев шахт, а также транспортирование по горным выработкам производятся скребковыми конвейерами, которые получили широкое распространение благодаря относительно простой конструкции, приспособленности к работе с очистными комбайнами, механизированными крепями и другим забойным оборудованием.

Скребковые конвейеры охватывают группу транспортирующих машин, в которых груз перемещается при помощи движущихся скребков по неподвижному желобу или трубе. Скребковые конвейеры подразделяются по форме скребков – со сплошными и контурными скребками, а также по высоте скребков – с высокими и низкими скребками.



Рис. 4.29. Скребковый конвейер



Рис. 4.30. Скребок

Скребковый конвейер представляет собой средство транспорта непрерывного действия, тяговым органом которого является бесконечная цепь (одна, две или три) с закрепленными на ней скребками. При движении цепи скребки захватывают транспортируемый материал и перемещают его по желобу в направлении движения цепи.

Скребковые конвейеры, применяемые на шахтах, разделяются на пять типов:

СП – передвижные одно-, двух- или трехцепные с изгибающимся или жестким решетчатым ставом с круглозвенной цепью;

СПЦ – передвижные одно- или двухцепные с высокопрочными цепями, вынесенными из направляющих;

СР – переносные (разборные) двухцепные;

С – переносные (разборные) одноцепные;

СК – переносные (разборные) одноцепные со скребками, консольно расположенными в горизонтальной плоскости.

Передвижные скребковые конвейеры предназначены для доставки угля, горючего сланца или калийной соли из очистных забоев, оборудованных узкозахватными выемочными машинами (комбайнами, струготивыми установками). Став передвижных конвейеров служит дорогой для выемочных машин и базой для секций механизированной крепи. Передвижные конвейеры оснащаются устройствами (навесным оборудованием) для погрузки (зачистки) угля, оставшегося на почве забоя после прохода комбайна, а также специальными желобами кабеле- и шлангокладчиков.

Переносные (разборные) конвейеры применяются в очистных забоях с широкозахватными комбайнами и врубовыми машинами и могут использоваться для доставки угля по просекам, печам и подготовительным выработкам, а также для доставки материалов и оборудования.

#### **Составные элементы и основные параметры.**

Основными элементами скребковых конвейеров являются цепи, скребки, приводы, натяжные устройства и желоба (решетаки). Некоторые типы скребковых конвейеров оборудуются сбрасывателями груза для

полной очистки конвейера, ограничителями производительности, устройствами для очистки цепей и т.п.

Тяговым элементом большинства скребковых конвейеров являются тяговые цепи. В конвейерах для подземного транспортирования угля применяют усиленные разборные тяговые цепи (ГОСТ 589-74) с шагом 80 мм или круглозвенные сварные цепи (ОСТ 12.44.013-75) с шагом цепи 64 мм. На этих конвейерах применяется от одной до трех цепей.

Высокие скребки конвейеров имеют прямоугольную, трапециевидную или полукруглую форму. Нормализованные прямоугольные скребки предусматривают консольное и симметричное крепление к тяговым цепям. Консольные скребки шириной 200–320 мм и высотой 100–160 мм закрепляют на одной цепи, консольные и симметричные скребки шириной 400 мм и высотой 200 мм закрепляют на двух цепях.

Крепление скребков с цепями осуществляется с помощью сварки или крепежных деталей. Как и высокие скребки, они могут располагаться симметрично и несимметрично относительно горизонтальной оси поперечного сечения цепи.

Основными параметрами рештаков става конвейера являются высота, ширина, длина, ресурс до предельного состояния (рештаки забойных конвейеров, как правило, не восстанавливаются ремонтом), а также удельный расход металла, отнесенный к массе транспортируемого груза. Чем больше ширина става, тем больше производительность конвейера при равной скорости движения тягового органа и выше боковая устойчивость комбайна.

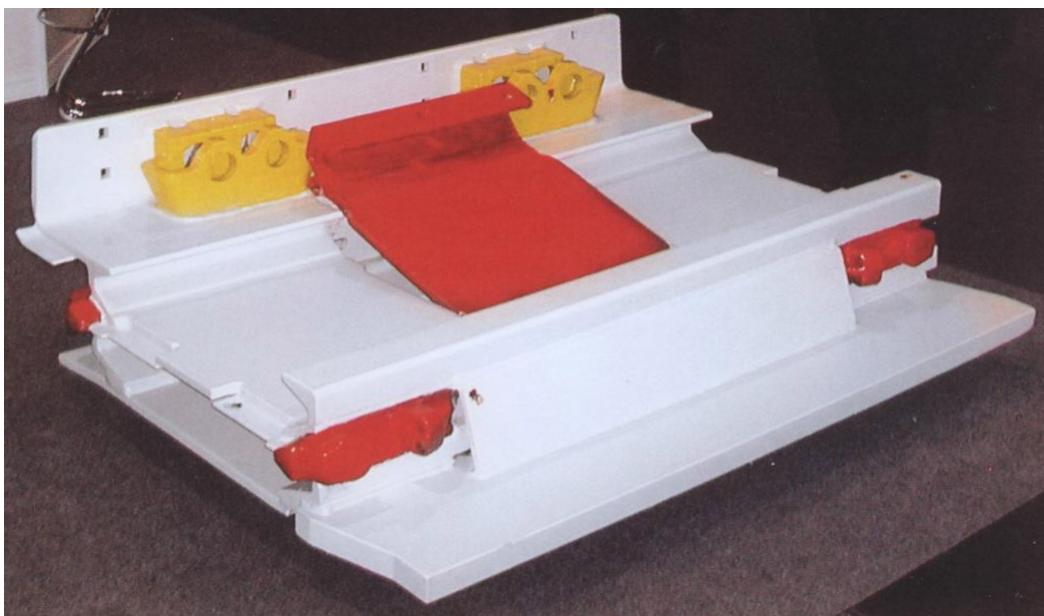


Рис. 4.31. Рештачный став скребкового конвейера

Толщина днища рабочей ветви рештака обеспечивает прочность и жесткость става, а также срок его службы и составляет 10–20 мм. В отдельных зарубежных конструкциях днища делаются из листа толщиной 30–40 мм если на комбайне имеется дробилка, вследствие чего дно испытывает дополнительные нагрузки.

Соединяются между собой рештаки в последних конструкциях конвейеров с помощью специальных стержней (безболтовое соединение), которые более прочны, чем соединительные болты, компактны и удобны в эксплуатации.

Чем больше длина рештаков, тем меньше число узлов соединительных элементов, которые испытывают большие нагрузки и при ограниченных размерах не всегда достаточно надежны, ниже трудоемкость изготовления, ниже сопротивление движению и износ тягового органа. Принятый единый шаг расстановки секций механизированных крепей 1500 мм позволяет изготавливать рештаки также одной длины – равной 1500 мм.

Приводы скребковых конвейеров выполняют обычно электрическими. Для взрывоопасных условий эксплуатации, например, подземного транспортирования угля, применяют и пневматические приводы.

Электродвигатель с редукторами соединяют втулочно-пальцевой муфтой, гидромуфтой или клиноременной передачей. Редуктор с приводной звездочкой связывают при помощи муфты или цепной передачи. Для повышения мощности конвейера могут устанавливаться два, три или четыре привода в соответствии с принятой схемой сборки. Приводной механизм должен иметь предохранительное устройство, исключающее поломку конвейера в случае его перегрузки и при заклинивании цепи. Для этого устанавливают муфту предельного момента, предохранительные пальцы или штифты.

Натяжные устройства в скребковых конвейерах обеспечивают устойчивое положение скребков для предотвращения их опрокидывания при консольном приложении нагрузки. Это достигается за счет увеличенного натяжения цепей.

Натяжные устройства скребковых конвейеров, как и пластинчатых – винтовые, пружинно-винтовые и с лебедками, приводимыми в движение от концевой или тяговой звездочки конвейера. Ход натяжного устройства принимается не менее 1,6 шага цепи.

Скребковые конвейеры выпускаются серийно рядом заводов нашей страны. Краткие технические характеристики конвейеров приведены в табл. 4.8.

Таблица 4.8

## Краткая техническая характеристика скребковых конвейеров

Модель	Назначение	Производительность, т/ч	Тип цепи	Скорость движения цепи, м/с	Энерговооруженность, кВт	Угол установки по простиранию/восстанию, падению трам	Размеры решетка, (длина, ширина по боковинам, высота боковины), мм
ОАО «Анжеромаш»							
Анжера-26	Забойные скребковые конвейеры	720	26x92	0,6; 1,1	до 250	-25—+30/10	1500/1080x x732x230
Анжера-30		1200	30x108	0,8; 1,3	до 400	-25—+25/15	1500/1080x732/760/ /840/868x250/305
Анжера-34		1500-1650	34x126; 38x126	0,9; 1,5	до 400	-25—+25/12	1500/1750x868/ /1060x305
Анжера-38		1800	38x137	0,9; 1,5	до 600	-25—+25/12	1500/1750x1060x x305
ОАО ОМТ							
СПЦ391	Для работы в лавах с мощностью пласта 1,6...6,0 м в составе очистных комплексов 3КМ138, 4КМ138, КМ174	1020	2x34x126 2x38x137	1,1	3x315; 2x500 /3x315 /2x600	35/10	1500/1700/2000x x840x320
СПЦ310		2400	2x48x152	1,4	3x700/ 2x1150	35/10	1750x1000x320
СПЦ3210		2400	2x48x152	1,4	3x650/ 2x1000 /3x600/ 2x1000	35/10	1750x1200x320
JOY Mining Machinery							
AFC	Скребковые конвейеры	1814	30Xtra	н/д	до 750	35/12	1750x800
AFC		2722	30-34Xtra	н/д	до 1125	35/12	1750x890
AFC		3629	34-42Xtra	н/д	до 1500	35/12	1750x1000
AFC		4537	42-50Xtra	н/д	до 2000	35/12	1750x1100

#### 4.7.2. Ленточные конвейеры

Ленточные конвейеры обеспечивают транспортировку грузов на значительное расстояние движущейся по роликоопорам специальной лентой, являющейся одновременно грузонесущим и тяговым органом. Ленточные конвейеры для подземных работ подразделяются на: забойные, штрековые, уклонные и бремсберговые.

**Составные элементы и основные параметры.** Основными элементами ленточных конвейеров являются приводные, натяжные и отклоняющие барабаны, роликоопоры, лента.

Приводной блок состоит из одного или нескольких барабанов, редуктора, тормозного устройства, пусковой и регулирующей аппаратуры и электродвигателя.

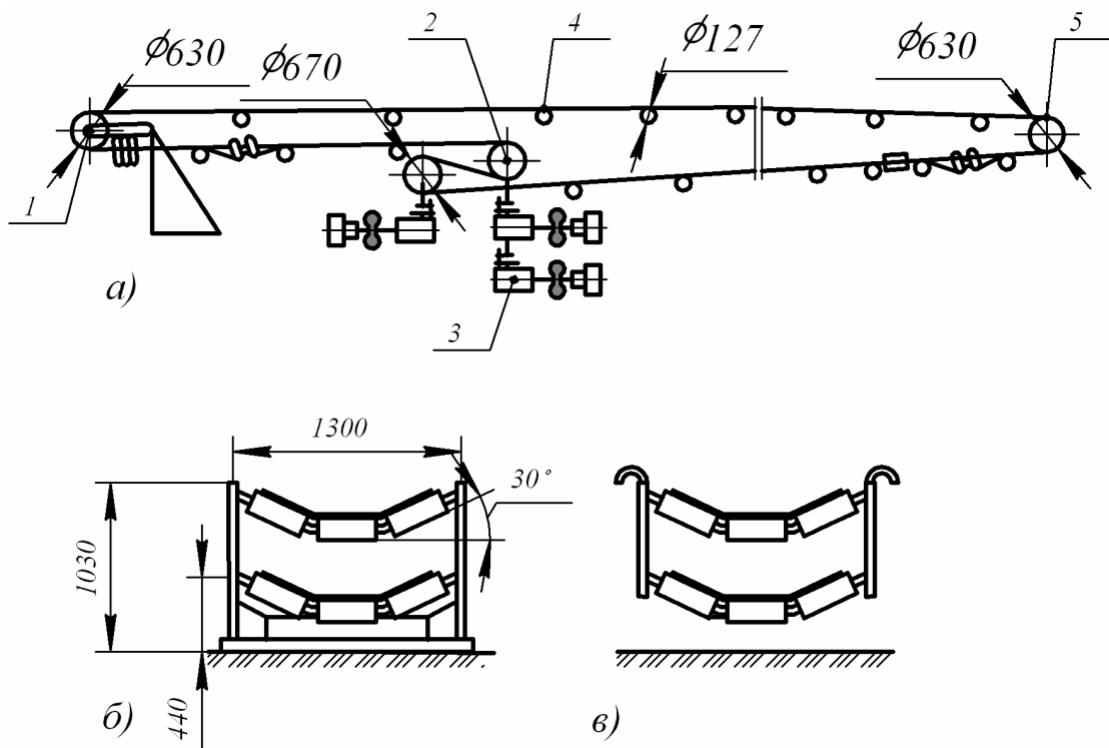


Рис. 4.31. Ленточный конвейер 2Л100У с жестким канатным конвейерным ставом: а) схема конвейера; б) напольная секция конвейерного става; в) подвесная секция конвейерного става; 1 – головная секция с барабаном; 2 - приводная секция с ведущими барабанами; 3 – приводной блок с редукторами и электродвигателями; 4 – конвейерная лента с опорными роликами; 5 – натяжная секция с барабаном

Применяются автоматические и не автоматические натяжные устройства с электрическим, гравитационным и гидравлическим приводами. Они придают ленте натяжение, достаточное для передачи на приводе тяговой силы трения при установленном движении и пуске конвейера, ограничивают провисание ленты между роликоопорами, компенси-

рутут удлинение ленты в результате вытяжки ее в процессе работы и сохраняют некоторый запас ленты, необходимый для ее перестановки при повреждениях. На малых и средних конвейерах преимущественное распространение получили грузовые натяжные устройства тележечного и рамного типов, у которых необходимое натяжение ленты создается массой подвешенного груза.

Установка отклоняющих барабанов создает дополнительное прижатие ленты к барабану и существенно повышает тяговое усилие грузонесущего органа. Также дополнительного прижатия ленты можно добиться использованием специальных устройств, например, вакуум-барабана (рис. 4.34). На поверхности вакуум-барабана имеется ряд отверстий, посредством которых осуществляется присос ленты к барабану.

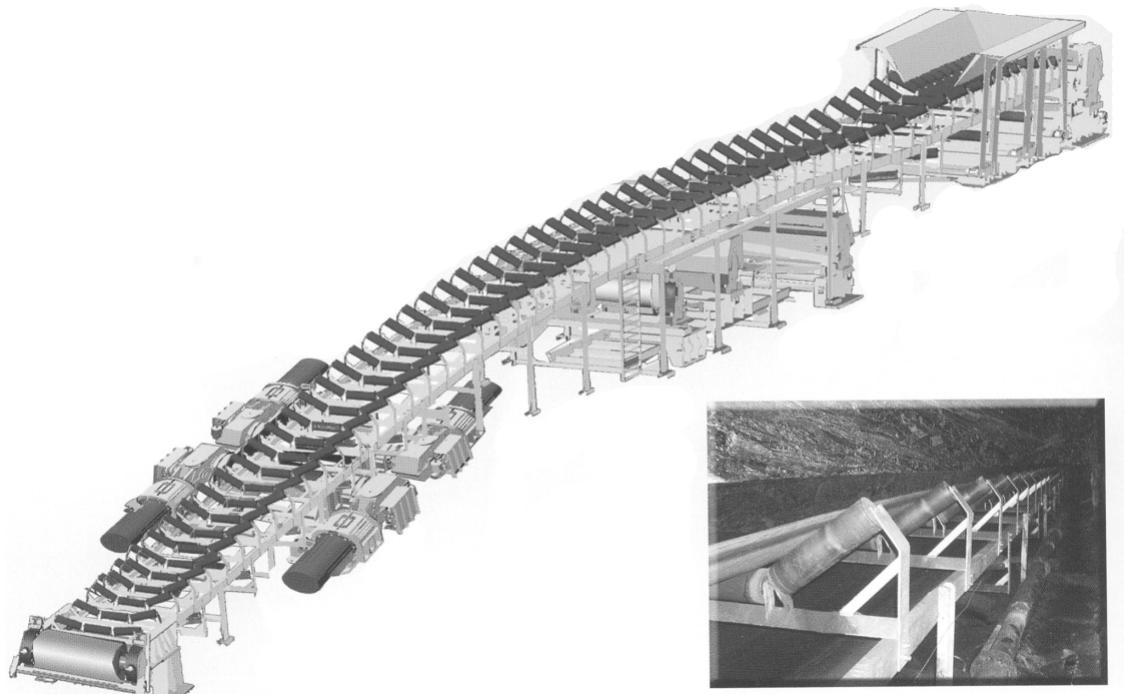


Рис. 4.32. Ленточный конвейер типа ЛТ

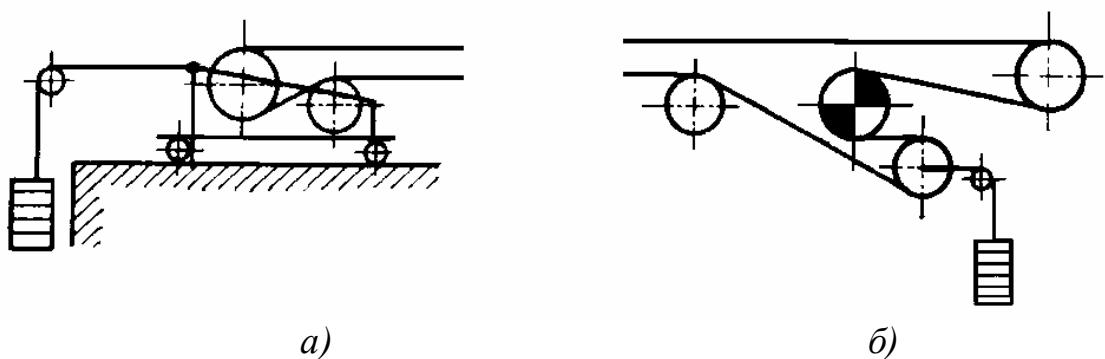


Рис. 4.33. Натяжные устройства: а) хвостовое грузовое, б) промежуточное грузовое

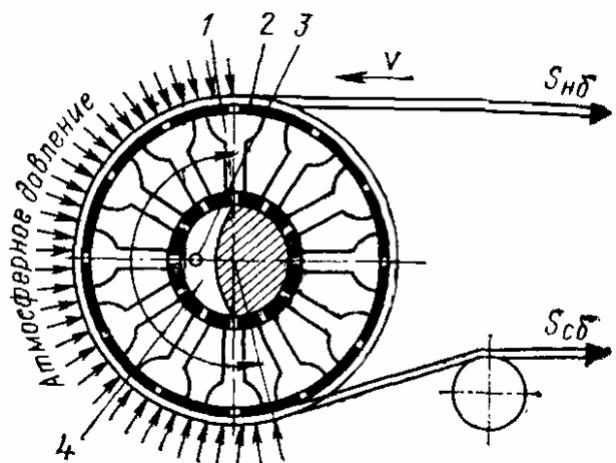


Рис. 4.34. Схема действия приводного вакуум-барабана: 1 – вакуумные каналы барабана; 2 – обечайка с отверстиями; 3 - штуцер для соединения камеры с отсывающим трубопроводом вакуум-насоса; 4 - камера коллектора для отсоса воздуха

Роликоопоры по назначению делятся на рядовые (линейные) и специальные. Рядовые предназначены для поддержания ленты и придания ей необходимой формы. Специальные роликоопоры, кроме того, выполняют следующие функции: центрирующие – регулирование положения ленты относительно продольной оси; амортизирующие – смягчение ударов груза о ленту в местах загрузки; очистительные – очистка ленты от частиц налипшего груза; переходные – изменение желобчатости ленты перед барабанами.

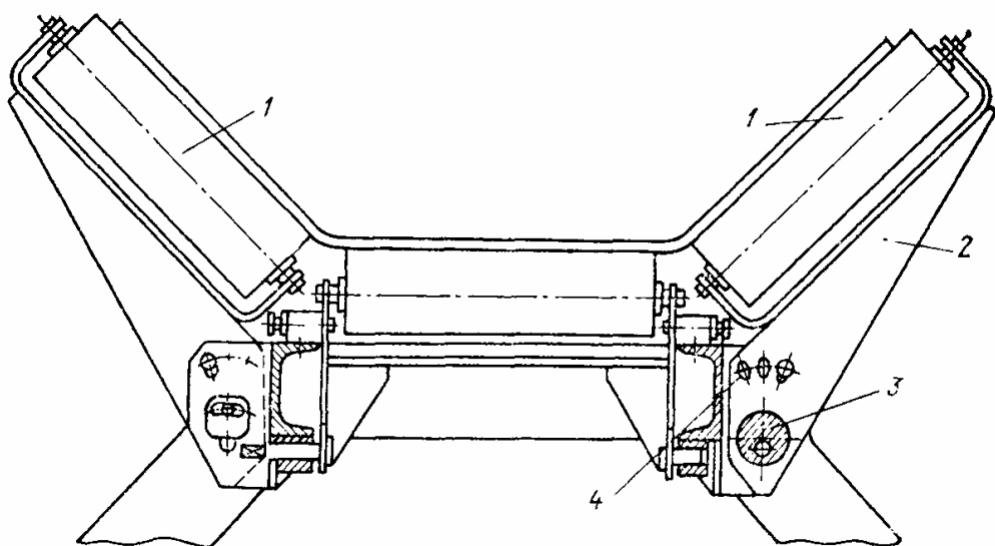


Рис. 4.35. Универсальная жесткая роликоопора: 1 – ролики; 2 – поворотный кронштейн; 3 – ось кронштейна; 4 – фиксатор поворота

Роликоопоры выпускаются трех видов: легкие, нормальные и тяжелые. Ось роликоопоры выполняется жесткой на цапфах или гибкой из каната и цепи (подвесные). Наибольшее распространение получили жесткие роликоопоры. Конструктивное исполнение роликов может быть различным и определяется в основном типом подшипников, способом их уплотнения и смазкой.

Конвейерная лента – это основной, наиболее дорогой и наименее долговечный элемент конвейера, который является одновременно грузонесущим и тяговым органом. Лента состоит из каркаса, заключенного между резиновыми обкладками и предназначенного для поддержания груза и передачи тяговых усилий. Резиновые обкладки защищают каркас от механических повреждений и воздействия окружающей среды.

#### **Разновидности ленточных конвейеров.**

Ленточно-канатные конвейеры характеризуются разделением исполнительных функций по перемещению грузов и созданию движущих усилий между лентой и канатами и используются для транспорта минерального сырья на значительные расстояния.

К достоинствам ленточно-канатных конвейеров следует отнести длительный срок службы ленты, сравнительно небольшую металлоемкость опорных конструкций, возможность передачи канатами значительной тяговой силы и благодаря этому достижения большей длины на один привод (порядка 10 км).

Производительность ленточно-канатных конвейеров на 10% выше, а мощность привода на 15% меньше и общая масса на 40–50% меньше, чем у обычных конвейеров при одинаковой ширине и скорости ленты.

К недостаткам можно отнести: сложность и громоздкость конструкций приводных и натяжных устройств, интенсивный износ канатов, ограниченные скорость и угол наклона конвейера, высокая стоимость лент.

Ленточно-цепные конвейеры предназначены для транспортирования грузов на значительные расстояния, как по прямой, так и по сложной пространственной трассе. У этих конвейеров лента служит только грузонесущим элементом, а тяговые функции выполняет одна или две пластинчатые или круглозвеневые цепи. Применение промежуточных приводов и высокопрочных цепей обуславливает возможность значительного увеличения длины бесперегрузочного перемещения груза при использовании дешевой стандартной ленты с малым числом прокладок. Различают конвейеры с лентой жестко прикрепленной к цепи и свободно лежащей на тяговом элементе.

К достоинствам ленточно-цепных конвейеров следует отнести: возможности бесперегрузочного процесса транспортирования на большую длину при использовании дешевой ленты с двумя-тремя прокладками и транспортирования насыпных грузов по криволинейной трассе с радиусом поворота в горизонтальной плоскости 60 м и менее; меньшая, чем у пластинчатых конвейеров, металлоемкость; малая энергоемкость. Недостатком ленточно-цепных конвейеров является ограниченная скорость движения грузонесущего полотна до 1,5–2 м/с и связанная с этим ограничением производительность до 600–700 т/ч.

Передвижные ленточные конвейеры являются автономными полностью собранными агрегатами, которые могут перемещаться целиком в рабочем состоянии в пределах обслуживаемого ими рабочего участка или с одного места работы на другое. Передвижные конвейеры применяются для насыпных и легких штучных грузов в качестве вспомогательных при погрузке в железнодорожные вагоны, автомашины, при подаче груза в бункер, а также при выполнении погрузочно-разгрузочных работ на складах и т.д.

### Классификация.

По назначению ленточные конвейеры разделяют на:

- грузовые;
- грузолюдские.

По способу укорачивания ленты:

- стационарные (постоянной длины);
- телескопические (позволяют без остановки укорачивать длину на 45–50 м).

Таблица 4.9

### Краткая техническая характеристика ленточных конвейеров

Модель	Назначение	Производительность, т/ч	Приемная способность м <sup>3</sup> /мин	Диаметр барабана/ролика, мм	Крупность кусков породы, мм, не более	Ширина ленты, мм	Скорость движения ленты, м/с	Суммарная мощность привода, кВт	Длина транспортирования, м	Угол установки, град
ОАО «Александровский машиностроительный завод»										
4Л1400 A-2		1600- 2700	н.д.	н.д./ 159	500/ 300	1400	2,5/ 3,15/ 4,0	1000	1000	-3...+18

Продолжение таблицы 4.9

4Л1600 А-2	Для транспортирования горной массы	2200- 3500	н.д.	н.д./ 159	500/ 300	1600	2,5/ 3,15/ 4,0	1000	1000	-3...+18
2Л80У		520	10,2	500/ 89	300	800	2,5	110	700	-16...+18
2Л80У-01		420/ 520	10,2	500/ 89	300	800	2,0/ 2,5	165	1000	-3...+18
2ЛТ80У		420/ 520	10,2	500/ 89	300/ 150	800	2,0/ 2,5	110	1000	-10...+10
2ЛТ80У-01		420/ 520	10,2	500/ 89	300/ 150	800	2,0/ 2,5	165	1400	-3...+10
2Л1000А 2Л1000А- 01 2ЛК1000А 2ЛК100А- 01		710- 850	14,0 - 17,5	670/ 127	500/ 300	1000	2,0/ 2,5	220; 330; 264; 396;	250	-3...+18
3Л1000А		890	17,5	842/ 159	500	1000	3,15	750	2100	-3...+18
3Л1000А- 01		1120	22,0	842/ 159	500	1000	3,15	750	2100	-3...+18
3ЛК1000А		840	16,5	842/ 127	500	1000	3,15	750	2100	-3...+18
3ЛК1000А- 01		1065	21,0	842/ 127	500	1000	3,15	750	2100	-3...+18
1ЛТ1000А		710	17,5	630/ 108	500	1000	2,5	110	700	-10...+10
1ЛТ1000А- 07		890	17,5	630/ 108	500	1000	2,5	165	1000	-3...+10
2ЛК1000А		850	16,8	670/ 127	500	1000	2,5	220	1000	-16...+18
1Л80У	Для приемки угля с забойного конвейера	420	8,2	400/ 89	300/ 150	800	2,0	55	500	-10...+10
1Л80У-02		520	10,2	400/ 89	300/ 150	800	2,0	55	500	-3...+6
1ЛТ80У	Телескопи- ческий	520	10,2	400/ 89	300/ 150	800	2,0	55	500	-3...+6

Продолжение таблицы 4.9

1ЛТП80У	Телескопический проходческий	520	10,2	400/ 89	300/ 150	800	2,0	55	800	-3...+6
2ЛТП80У		420/ 520	10,2	950/ 100	300/ 150	800	2,0/ 2,5	110	1400	-10...+10

## 4.8. Погрузочные, буропогрузочные и погрузочно-доставочные машины

### 4.8.1. Общие сведения

Погрузка породы является наиболее трудоемкой операцией проходческого цикла, занимающей в нем 30–40% затрат труда. Ручная погрузка в транспортные средства допускается только в особых условиях, так как является одной из самых трудоемких операций.

Погрузка породы механизируется с помощью погрузочных, погрузочно-транспортных, погрузочно-доставочных машин и скреперных комплексов. При проведении горизонтальных выработок буровзрывным способом уровень механизации погрузки породы составляет 95–98%. Затраты времени на уборку породы и проходческом цикле составляют 30–35% продолжительности цикла.

В отечественной практике шахтного строительства наибольшее распространение получили погрузочные машины следующих типов:

– *ковшовые, периодического действия* (ППН, ППВ, МПК-3). Буквенное обозначение таких машин: П – погрузочная, П – периодического действия, Н – с нижним, В – с верхним захватом породы, М – машина и К – ковшового типа. Техническая производительность машин типа ППН находится в пределах 30–60 м<sup>3</sup>/ч, а МПК – до 180 м<sup>3</sup>/ч. В свою очередь погрузочные машины ковшового типа подразделяются на машины с *осевой* (прямой) разгрузкой (ППН) и *боковой* разгрузкой горной массы (МПК).

– *непрерывного действия* с рабочим органом «нагребающие лапы» и ступенчатой погрузкой. Буквенное обозначение – ПНБ, что означает: П – погрузочная, Н – непрерывного действия, Б – с боковым захватом. Непрерывный принцип действия погрузочных машин обеспечивает высокую производительность погрузки горной массы. Машины этого типа делятся на три группы: *легкие* – производительностью до

$90 \text{ м}^3/\text{ч}$  (1ПНБ-1); *средние* – производительностью до  $120 \text{ м}^3/\text{ч}$  (2ПНБ-2); *тяжелые* – производительностью до  $180 \text{ м}^3/\text{ч}$  (ПНБ-3Д).

В современной практике шахтного строительства, как в России, так и за рубежом тенденция развития моделей машин для горной промышленности связана с использованием ковшовых машин, электрогидравлического привода и гусеничного хода; с оптимизацией емкости и геометрии ковшей применительно к соответствующим условиям проходки горных выработок; с обеспечением телескопической подачи ковша и его принудительного внедрения в навал горной массы при остановленном механизме передвижения; с обеспечением разгрузки ковша в разные стороны.

При выборе типа погрузочной машины учитывают многие факты: размеры поперечного сечения выработки, крепость пород, протяженность выработки и ее уклон, наличие рельсовых путей, вид энергии, однородность массива (с присечкой или без нее) и т.д. Погрузочная машина должна обеспечить максимальный уровень механизации погрузки, высокую производительность труда и, что очень важно, проектируемую скорость проведения выработки. Машина должна размещаться в выработке с обеспечением зазоров, соответствующих Правилам безопасности.

Ковшовые погрузочные машины могут применяться при погрузке породы любой крепости. Машины непрерывного действия с нагребающими лапами типа ПНБ – для пород с крепостью до 12, но даже при этой крепости ресурс их использования невысокий.

Погрузочные машины на колесно-рельсовом ходу можно использовать в наклонных выработках с углом наклона до  $5^\circ$ , а на гусеничном ходу до  $\pm 10^\circ$ . При наличии специальных технических мероприятий по удержанию машин этого типа возможный угол наклона увеличивается до  $24\text{--}26^\circ$ .

#### **4.8.2. Погрузка породы ковшовыми погрузочными машинами**

Погрузочные машины периодического действия подразделяются на два типа:

– с *прямой* погрузкой – горная масса грузится непосредственно в транспортное средство (вагонетку, скрап, конвейер) ковшовыми погрузочными машинами типа ППН-1 (рис. 8.6); ППН-2М; ППН-2Г; ППН-3; ППН-4Г; ПМЛ; МПК-3, МПК-2; МПК-1000т; МПКТ и др.;

– со *ступенчатой* погрузкой – горная масса грузится на собственный перегружатель, а с него – в транспортное средство. К этому типу машин относятся машины 1ППН-5Э (рис.8.7); 1ППН-5П; ППМ-4У;

ППН-7 и другие. Ковшовые машины этого типа можно применять в выработках с породами любой крепости и абразивности.

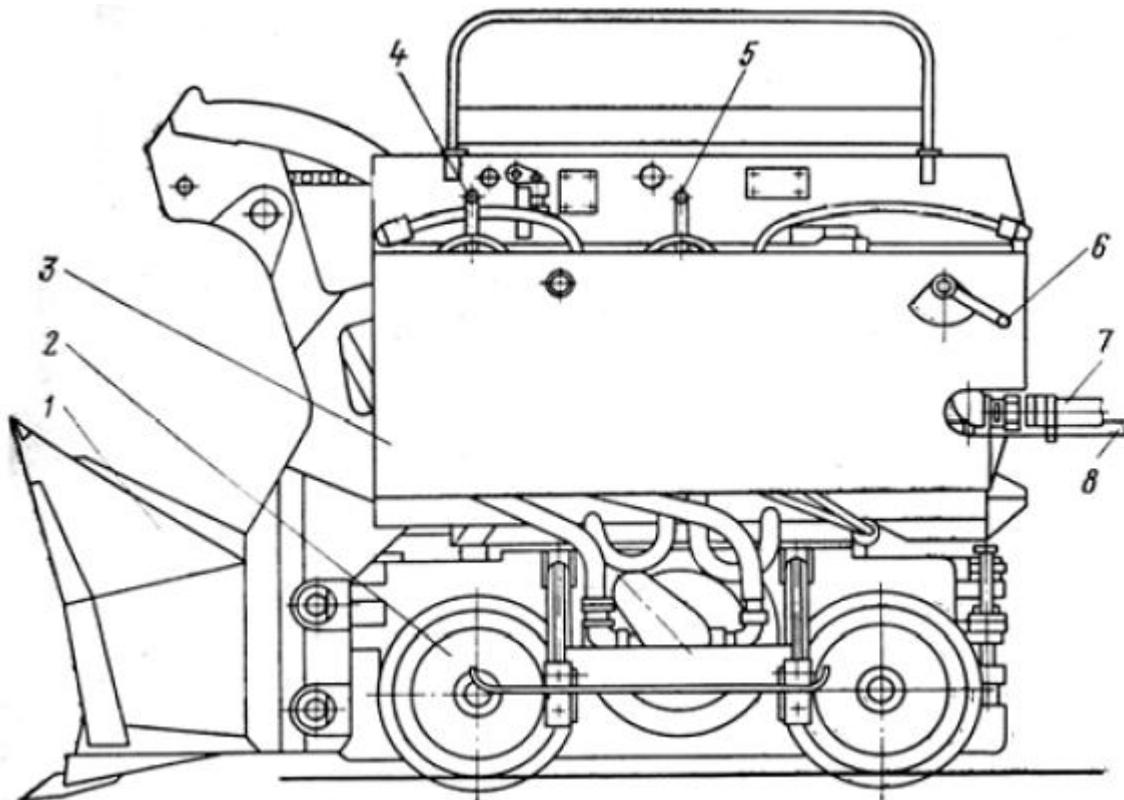


Рис. 4.36. Погрузочная машина типа ППН-1: 1 – ковш; 2 – ходовая часть (самоходная колесно-рельсовая тележка); 3 – поворотная часть с пультом управления; 4, 5, 6 – рукоятки управления; 7 – гибкий рукав подачи сжатого воздуха; 8 – водоподводящий шланг

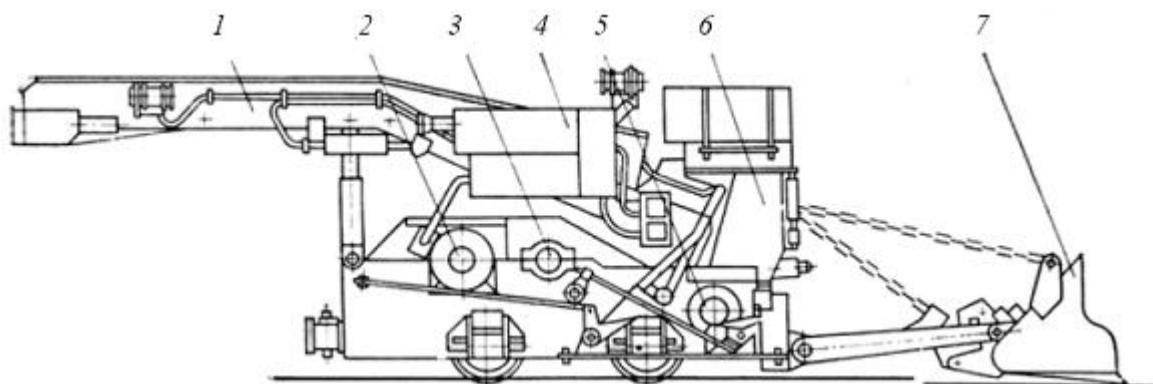


Рис. 4.37. Погрузочная машина 1ППН-5Э: 1 – перегрузочный ленточный конвейер с индивидуальным электроприводом; 2 – главный электродвигатель с редуктором; 3 – механизм передвижения машины; 4 – электрооборудование; 5 – механизм подъема ковша; 6 – рама на колесном ходу; 7 – ковш

Ковшовые машины с осевой (прямой) разгрузкой ковша применяются в выработках небольшой протяженности, по породам с крепостью до 18 ед. с размером кусков, не превышающим 400 мм. Фронт погрузки этих машин 2–2,8 м, рекомендуются они преимущественно для однопутевых выработок.

В настоящее время наиболее перспективными являются машины ковшового типа с боковой или комбинированной погрузкой горной массы в вагонетки или на участковый конвейер. Ковш таких машин имеет вместимость 0,65–1 м<sup>3</sup> и высокую производительность.

Необходимо отметить, что ковшовые машины с прямой и ступенчатой погрузкой имеют колесно-рельсовый ход в образцах более раннего поколения и пневмоколесный на современных машинах. Объем погрузки горной массы машинами такого типа превышает 65% общего объема механизированной погрузки. Основными преимуществами ковшовых машин является простая конструкция, надежность, а для машин на пневмоколесном ходу – и маневренность. Основным недостатком ковшовых машин является периодичность действия и ограниченный фронт погрузки для машин на колесно-рельсовом ходу.

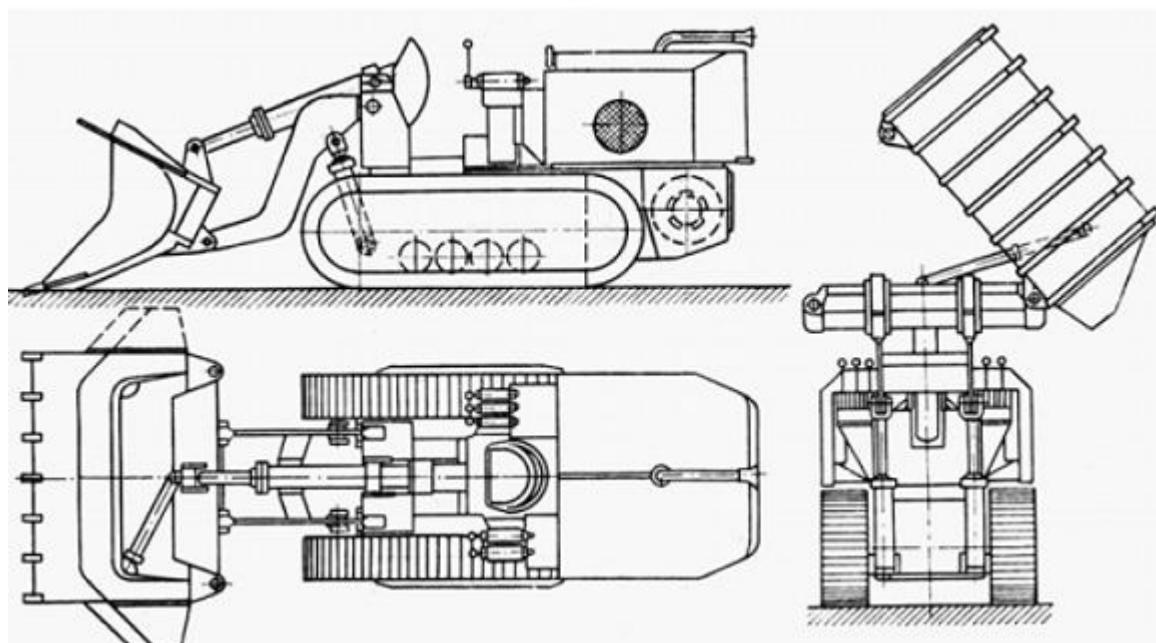


Рис. 4.38. Машина погрузочная с боковой разгрузкой ковша фирмы «Зальцгиттер» (ФРГ)

В зарубежной практике в последнее время все большее распространение получают машины с боковой разгрузкой ковша (рис. 4.38), которые выпускаются как на гусеничном, так и пневмоколесном ходу. Они оснащены ковшами вместимостью до 2 м<sup>3</sup> и имеют хорошую со-

вместимость с шахтными транспортными средствами погрузки. Парк машин с боковой разгрузкой ковша составляет в Германии 70%, во Франции – более 50% общего числа погрузочных машин.

#### 4.8.3. Погрузка породы машинами непрерывного действия

При проведении горизонтальных и наклонных выработок по углю и породам средней крепости широко применяются погрузочные машины непрерывного действия на гусеничном ходу: 1ПНБ-2, 1ПНБ-2У, 2ПНБ-2, ПНБ-3, ПНБ-4, 2ПНБ-2У; буропогрузочные машины: 1ПНБ-2Б, 2ПНБ-2Б.

*Машина погрузочная 1ПНБ-2* и ее модификации предназначены для погрузки горной массы крепостью  $f < 6$  в вагонетки или на конвейер при проведении горизонтальных и наклонных ( $\pm 10^\circ$ ) горных выработок в шахтах, опасных по газу и пыли.

В комплекте с предохранительными лебедками машины 1ПНБ-2У и 2ПНБ-2У применяются при проведении наклонных по падению до  $18-24^\circ$  выработок. Погрузочные машины 2ПНБ-2 (рис. 4.39), 2ПНБ-2У и буропогрузочная машина 2ПНБ-2Б предназначены для погрузки горной массы крепостью  $f = 12$  с максимальными размерами кусков не более 400 мм в вагонетки, на конвейер и другие транспортные средства при проведении горизонтальных и наклонных выработок.

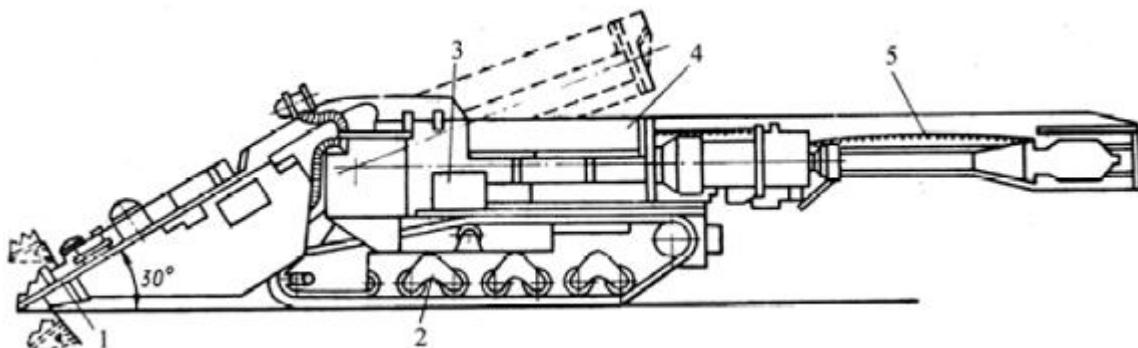


Рис. 4.39. Погрузочная машина 2ПНБ-2: 1 – питатель; 2 – гусеничный механизм передвижения; 3 – электрооборудование; 4 – станция управления; 5 – оросительная система

В угольной промышленности наибольшее распространение получили машины непрерывного действия 2ПНБ-2, с их применением осуществляют проведение до 30-40% выработок, проходимых с механизированной погрузкой породы. Погрузочная машина 2ПНБ-2У создана на базе машины 2ПНБ-2, но снабжена дополнительно предохранительной

лебедкой 1ЛП для прохождения сверху вниз наклонных выработок с углом падения до  $18^\circ$  площадью поперечного сечения в свету не менее  $8,4 \text{ м}^2$ .

Достоинствами погрузочных машин непрерывного действия является наиболее высокая производительность и маневренность, чем у ковшовых машин; недостатками – более сложная конструкция, ограниченная по крепости пород область применения. Погрузочные машины с нагребающими лапами аналогичны по принципу действия и отличаются одна от другой размерами и конструкцией отдельных узлов.

*Буропогрузочные машины типа 1ПНБ-2Б и 2ПНБ-2Б* предназначены для бурения шпуров и погрузки породы. Машины этого типа имеют гусеничный ход и состоят из погрузочной машины 2ПНБ-2 и навесного бурильного оборудования. На их базе разработаны модификации уклонаемых машин для погрузки породы в выработках с углом наклона  $18-20^\circ$ . Такие машины имеют индекс "У" (уклонная), например, 2ПНБ-2У (рис. 4.40).



Рис. 4.40. Буропогрузочная машина 2ПНБ-2Б

*Погрузочно-транспортные машины типа ПТ-2, ПТ-3 и ПТ-5* ковшом загружают горную массу в собственный бункер вместимостью соответственно  $1; 1,5; 2,5 \text{ м}^3$ , которую транспортируют к месту разгрузки.

*Погрузочно-доставочные машины ПД-2, ПД-3 и ПД-5* транспортируют горную массу в ковшах вместимостью соответственно  $1; 1,5; 2,5 \text{ м}^3$ .

Машины типа ПТ и ПД имеют пневмоколесный ход и, соответственно, пневматический и дизельный привод. Погрузочно-транспортные

и погрузочно-доставочные машины применяют при строительстве выработок незначительной протяженности с оптимальной длиной транспортирования 50 м, например, сопряжения стволов с околосвальным двором, ходки в камеры ожидания, насосную, электроподстанции, сопряжения выработок и др.

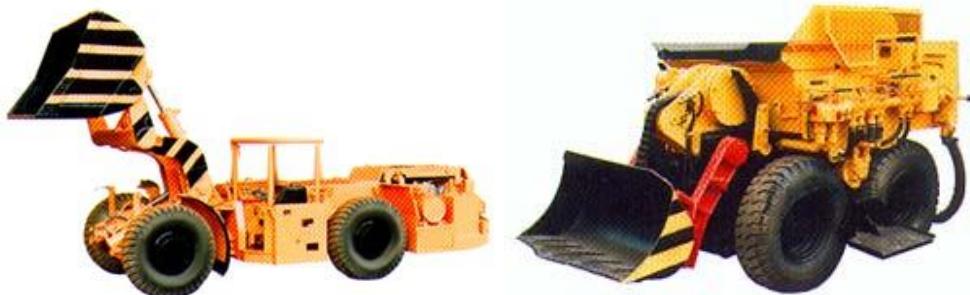


Рис. 4.41. Погрузочно-доставочная машина ПТ-5А (а) и погрузочно-транспортная машина ПТ-4 (б)

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Для работы на горных предприятиях современного технического уровня, а также подземных объектов различного назначения требуются высококвалифицированные специалисты, владеющие обширными знаниями в области механизации, технологии и организации горного дела.

Достоинствами профессии горного инженера по специальности «Горные машины и оборудование» являются ее универсальность, постоянная во все времена востребованность и простор для творчества. Универсальность профессии заключается в широком диапазоне деятельности: конструктор-разработчик горных машин и комплексов, а также горных предприятий, технолог по их эксплуатации. Постоянная востребованность профессии заключается в том, что без горных инженеров не будет дальнейшего развития добывающей и промышленной отраслей, а, значит, и общества в целом. Простор для творчества в профессии состоит в том, что для разработки и эксплуатации машин, особенно в постоянно меняющихся горно-геологических, горнотехнических и тектонических условиях необходимо, кроме глубоких и систематических знаний, постоянное их пополнение путем проведения исследований в различных научных направлениях.

Учебная дисциплина «Введение в специальность» является первой в блоке общепрофессиональных дисциплин и предусматривает освоение студентами базовых понятий горного дела для изучения на их основе в дальнейшем специальных дисциплин.

В настоящем учебном пособии авторы, основываясь на передовых достижениях горной науки и практики, а также личном опыте производственной, научно-исследовательской и учебно-методической работы, попытались максимально доступно изложить основы современного горного дела, привести сведения из истории горного дела и горного образования в России. Надеемся, что настоящее пособие будет интересно и полезно, не только студентам первого курса, но и широкому кругу читателей, интересующихся вопросами истории науки, техники и образования.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Борычев Н.И. Пособие молодому шахтеру: Учеб. пособие для подготовки рабочих на производстве. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1991. – 90 с
2. Горная техника 2007: Каталог-справочник. – СПб.: Славутич, 2007. – 225 с.
3. Егоров П.В., Бобер Е.А., Кузнецов Ю.Н., Косьминов Е.А., Решетов С.Е., Красюк Н.Н. Основы горного дела: Учебник для вузов. – М.: Издательство МГГУ, 2000. – 408 с
4. Катрюк И.С. Введение в специальность горный инженер-механик. – Изд. Красноярского университета, 1992. – 196 с.;
5. Конвейеры: Справочник / Р.А. Волков, А.Н. Гиутов, В.К. Дьячков и др./ Под общей ред. Ю.А. Пертена. – Л.: Машиностроение, Ленинградское отд., 1984. – 367 с.: ил.
6. Лукьянов В.Г., Громов А.Д., Пинчук Н.Т. Технология проведения горно-разведочных выработок: Учебник для вузов. 2-е изд. – Томск: Изд-во ТПУ, 2004. – 468 с.
7. Машины и оборудование для шахт и рудников: Справочник / С.Х. Клорикьян, В.В. Старичнев, М.А. Сребный и др. – 7-е изд., ре-принтн., с матриц 5-го изд. (1994 г.). – М.: Издательство МГГУ, 2002. – 471 с.
8. Месторождения полезных ископаемых: Учебник для вузов / В.А. Ермолов, Г.Б. Попова, В.В. Моисейкин и др.; Под ред. В.А. Ермолова. – М.: Издательство МГГУ, 2001. – 570 с.
9. Морозов В.И., Чуденков, В.И., Сурина Н.В. Очистные комбайны: Справочник / Под общей ред. В.И. Морозова. – М.: Издательство МГГУ, 2006. – 650 с.: ил.
10. Подэрни Р.Ю. Горные машины и комплексы для открытых работ: Учебное пособие. В 2 т. Т. 1. – 4-е изд., стер. – М.: Издательство МГГУ, 2001. – 422 с.
11. Подэрни Р.Ю. Горные машины и комплексы для открытых работ: Учебное пособие. В 2 т. Т. 2. – 4-е изд., стер. – М.: Издательство МГГУ, 2001. – 332 с.
12. Справочник. Открытые горные работы / К.Н. Трубецкой, М.Г. Потапов, К.Е. Виницкий, Н.Н. Мельников и др. – М.: Горное бюро, 1994. 590 с.
13. Сыркин П.С. Шахтное и подземное строительство. Введение в специальность: Учебное пособие в 2 ч. Ч. 1. Основы горного дела / Шахтинский ин-т ЮРГТУ. – Новочеркасск: Издательство ЮРГТУ, 2004. – 278 с.

14. Технология и механизация проведения подготовительных выработок: Справочник / П.В. Егоров, Г.Г. Штумпф, А.И. Петров и др. – М.: Недра, 1994. – 368 с.
15. Шевцов Н.Р., Миндюков Ю.И. Основы специальности «Шахтное и подземное строительство»: Учебное пособие. – Донецк: Новый мир, 2004. – 108 с.
16. Яцких В.Г., Розенберг Б.Л., Имас А.Д., Максимов В.Л. Горные машины: Учебное пособие. – М.: Государственное техническое издательство литературы по горному делу, 1959. – 506 с.

Учебное издание

ЕФРЕМЕНКОВ Андрей Борисович  
КАЗАНЦЕВ Антон Александрович  
БЛАЩУК Михаил Юрьевич

## ГОРНЫЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ВВЕДЕНИЕ В СПЕЦИАЛЬНОСТЬ

### ЧАСТЬ 1

Учебное пособие

Научный редактор доктор технических наук,  
профессор Ю.А. Рыжков

Редактор Т.В. Казанцева, С.В. Малервейн

Компьютерная верстка А.А. Казанцев

Дизайн обложки О.Ю. Аршинова

Подписано к печати 15.09.2009. Формат 60x84/16. Бумага «Снегурочка».

Печать RISO. Усл.печ.л. 8,84. Уч.-изд.л. 8,0.

Заказ 969-09. Тираж 50 экз.



Томский политехнический университет

Система менеджмента качества

Томского политехнического университета сертифицирована  
NATIONAL QUALITY ASSURANCE по стандарту ISO 9001:2000



---

ИЗДАТЕЛЬСТВО ТПУ. 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30.