

БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
Филиал Белорусского национального технического университета,  
г. Солигорск  
Кафедра «Технологии и оборудование разработки месторождений полезных  
ископаемых»

СОГЛАСОВАНО

Доцент кафедры

\_\_\_\_\_ В.И. Шаповалов

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_

СОГЛАСОВАНО

Директор филиала БНТУ,

г. Солигорск

\_\_\_\_\_ С.Н. Речиц

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_

ЭЛЕКТРОННЫЙ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС  
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

**«БЕЗОПАСНОЕ ВЕДЕНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ РАБОТ»**

для студентов специальностей 1-51 02 01 «Разработка месторождений полезных  
ископаемых (по направлениям)» направление специальности 1-51 02 01-02  
«Разработка месторождений полезных ископаемых (подземные горные  
работы)», 7-07-0724-01 «Разработка месторождений полезных ископаемых»  
(профилизация «Подземные горные работы»)

Составитель:

Миголень В.М. преподаватель кафедры «Технологии и оборудование разработки  
месторождений полезных ископаемых» филиала БНТУ, г. Солигорск.

Рассмотрено и утверждено

на заседании Совета филиала БНТУ, г. Солигорск « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_

протокол № \_\_\_\_

г. Минск, 2024

# СОДЕРЖАНИЕ

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА .....	5
I ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ .....	9
ГЛАВА 1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ГОРНЫХ РАБОТАХ .....	9
1.1 Предмет безопасного ведения подземных горных работ и его содержание.	9
1.2 Основные понятия и термины .....	9
1.3 Месторождения полезных ископаемых и элементы их залегания .....	10
1.4 Запасы и извлечение полезных ископаемых.....	14
1.5 Технология разработки месторождений полезных ископаемых .....	16
1.6 Горные выработки.....	17
1.7 Горные предприятия и виды их продукции .....	19
1.8 Производственный комплекс горного предприятия на земной поверхности .....	21
1.9 Основные сведения о свойствах горных пород .....	23
ГЛАВА 2 РАЗРУШЕНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД .....	29
2.1 Способы разрушения горных пород.....	29
2.2 Механическое разрушение горных пород.....	30
2.2.1 Отбойка горных пород резцами.....	32
2.2.2 Отбойка горных пород коронками .....	39
2.2.3 Отбойка горных пород шарошками .....	42
2.2.4 Разрушение горных пород отбойными молотками .....	45
2.3 Разрушение горных пород посредством взрывания зарядов ВВ.....	46
2.3.1. Способы взрывной отбойки горных пород.....	46
2.3.2 Взрывчатые вещества и средства взрывания .....	52
2.4 Гидравлическое разрушение горных пород.....	57
2.5 Другие способы разрушения горных пород. Комбинированный способ....	59
ГЛАВА 3 ПЕРЕМЕЩЕНИЕ РАЗРЫХЛЕННЫХ ГОРНЫХ ПОРОД.....	61
3.1 Способы перемещения горной массы .....	61
3.2. Перемещение горной массы при подземных горных работах .....	63
3.2.1. Перемещение горной массы погрузочными машинами.....	63
3.2.2 Перемещение горной массы погрузочно-доставочными машинами, комплексами, установками, устройствами и конвейерами.....	67
3.2.3 Перемещение горной массы рельсовым транспортом .....	71
3.2.4 Перемещение горной массы конвейерным транспортом .....	75
3.2.5 Перемещение горной массы трубопроводным транспортом .....	78
3.2.6 Перемещение горной массы подъемными установками .....	80
ГЛАВА 4 ПОДДЕРЖАНИЕ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК .....	82
4.1 Понятие о горном давлении.....	82
4.2 Способы поддержания подземных горных выработок .....	83

4.2.1 Поддержание выработок посредством придания им специальной формы поперечного сечения.....	84
4.2.2 Поддержание выработок креплением .....	85
4.2.3 Поддержание выработанного пространства закладкой и обрушенными горными породами .....	100
4.2.4 Поддержание выработок искусственным упрочнением массива горных пород .....	103
ГЛАВА 5 ПРОВЕТРИВАНИЕ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК.....	106
5.1 Рудничная атмосфера.....	106
5.2 Вентиляция шахт и рудников .....	109
5.3 Вентиляторы .....	113
5.4 Дегазация горных выработок.....	115
5.5 Подземные пожары .....	117
ГЛАВА 6 ОСВЕЩЕНИЕ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК .....	119
6.1 Освещение горных выработок лампами, питаемыми от электрической сети.....	119
ГЛАВА 7 ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ О ШАХТЕ И ТЕРМИНОЛОГИИ .....	121
7.1 Горное производство.....	121
7.2 Горные работы.....	128
7.3 Петрография, элементы и формы залегания пластовых месторождений .	130
ГЛАВА 8 СПОСОБЫ ВСКРЫТИЯ ШАХТНЫХ ПОЛЕЙ .....	133
ГЛАВА 9 СПОСОБЫ ПОДГОТОВКИ ШАХТНЫХ ПОЛЕЙ.....	140
9.1 Подготовка пластов.....	140
9.2 Погоризонтный способ подготовки .....	140
9.3 Панельный способ подготовки .....	141
9.4 Этажный способ подготовки .....	142
9.5 Порядок отработки шахтного поля .....	143
ГЛАВА 10 СИСТЕМЫ РАЗРАБОТКИ КАЛИЙНЫХ РУД.....	146
ГЛАВА 11 ГОРНО-ПРОХОДЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ .....	153
11.1 Общие сведения.....	153
11.2 Проходческий комбайн ПК-8М.....	154
11.3 Проходческо-очистной комбайн «Урал – 10КС» .....	157
11.4 Бункер-перегрузатель.....	159
11.5 Самоходные вагоны .....	161
11.6 Проходческий комбайн 4ПП-2С.....	165
11.7 Щеленарезная машина ЭСФ-70.....	166
11.8 Семейство горных машин типа «Урал» для проходческих и вспомогательных работ.....	168
ГЛАВА 12 ГОРНЫЕ МАШИНЫ ДЛЯ ПОДЗЕМНЫХ РАБОТ .....	170
12.1 Общие требования.....	170

12.2 Очистные комбайны для длинных забоев.....	173
ГЛАВА 13 ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ КРЕПЛЕНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ КРОВЛЕЙ	
.....	196
13.1. Основные понятия. Классификация .....	196
13.2 Взаимодействие механизированных крепей с породами кровли .....	200
13.3 Параметры механизированных крепей .....	203
13.4 Определение геометрических и кинематических параметров крепей ....	204
13.5 Определение силовых параметров крепи с учетом нормативных показателей.....	204
13.6 Особенности взаимодействия механизированных крепей с боковыми породами в калийных забоях.....	205
13.7 Определение основных силовых параметров крепей с учетом особенностей взаимодействия их с боковыми породами в калийных забоях.....	206
13.8 Лавокомплект механизированной крепи .....	208
13.9 Тенденции развития механизированных крепей. Некоторые рекомендации по их применению.....	209
13.10 Особенности механизированных крепей для калийных рудников.....	210
ГЛАВА 14 СКРЕБКОВЫЕ КОНВЕЙЕРЫ .....	214
14.1 Общие сведения.....	214
14.2 Устройство забойных и штрековых конвейеров .....	214
14.3 Устройство для натяжения и соединения цепи. Гидропередвижник штрековых конвейеров .....	220
14.4 Устройство для перемещения людей по лаве .....	222
II ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	223
2.1 Примерный перечень тем практических занятий .....	223
III РАЗДЕЛ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ.....	224
3.1 Перечень контрольных вопросов и заданий для самостоятельной работы студентов .....	224
IV ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ.....	227
4.1 Основная литература.....	227
4.2 Дополнительная литература .....	228
4.3 Нормативные правовые акты, технические нормативные правовые акты ..	229

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Электронный учебно-методический комплекс (далее – ЭУМК) по учебной дисциплине «Безопасное ведение подземных горных работ» предназначен для специальностей 1-51 02 01 «Разработка месторождений полезных ископаемых (по направлениям)» направление специальности 1-51 02 01-02 «Разработка месторождений полезных ископаемых (подземные горные работы)», 7-07-0724-01 «Разработка месторождений полезных ископаемых» (профилизация «Подземные горные работы»).

Подземная разработка месторождений полезных ископаемых является одной из наиболее опасных сфер производственной деятельности человека, требующей постоянного внимания к обеспечению техники безопасности. В условиях постоянного изменения горно-геологических и горнотехнических условий разработки, поддержания горных выработок в устойчивом состоянии, проветривание выработок, дегазация пластов, эксплуатация оборудования, электробезопасность должны вестись специалистами при строгом соблюдении Правил по обеспечению промышленной безопасности при разработке подземным способом соляных месторождений Республики Беларусь и нормативов производственной санитарии.

Современное горнодобывающее предприятие характеризуется высоким уровнем концентрации и механизации горных работ при постоянно усложняющихся горно-геологических условиях. В связи с этим растет ответственность инженерно-технических работников за правильность и обоснованность технических решений, принимаемых как на стадии проектирования, так и на стадиях строительства и эксплуатации горнодобывающих предприятий. Указанное требует глубоких знаний по технологии и техническим средствам ведения горных работ при добыче полезных ископаемых подземным способом.

При написании ЭУМК использованы материалы, изложенные в учебниках, учебных пособиях, методических указаниях, технических нормативно-правовых актов, научных статьях, материалах научно-практических конференций.

### **Цель ЭУМК**

Целью ЭУМК является формирование у студентов знаний, умений и профессиональных навыков, связанных с современными тенденциями развития и областями применения горных машин и оборудования; дать студентам горных специальностей необходимые знания по безопасному ведению горных работ, по безопасному проектированию, строительстве рудников, конструированию, монтажу, ремонту оборудования, пусконаладочным работам и диагностике технических устройств и электроустановок для подземных горных работ.

Учебная дисциплина базируется на знаниях, полученных при изучении комплекса специальных дисциплин: «Технология и механизация подземной разработки месторождений полезных ископаемых», «Проектирование рудников и шахт», «Управление состоянием массива горных пород», «Процессы подземных горных работ при разработке калийных руд».

В результате изучения учебной дисциплины «Безопасное ведение подземных горных работ» студент должен:

**знать:**

– требования законодательных и нормативно-технических актов по правилам обеспечения промышленной безопасности, регулирующие безопасность горного производства;

– основы промышленной безопасности, производственной санитарии в соляных рудниках;

– правила по обеспечению промышленной безопасности при подземной разработке подземным способом соляных месторождений Республики Беларусь и производственной санитарии при проходке шахтных стволов капитальных и подготовительных выработок и при ведении очистных работ;

– противопожарную защиту рудников и горноспасательное дело;

– анализировать санитарно-гигиенические требования к рабочим местам;

– определить безопасные параметры столбовой и камерной системы разработки;

– основные международные соглашения, регулирующие производственную безопасность;

**владеть:**

– методиками расчета несущей способности междукамерных целиков и устойчивых пролетов обнажений при камерной системе разработки, также несущей способности механизированных крепей в лавах;

– методическим расчетом устойчивости подготовительных выработок;

– методикой проведения испытаний конвейерных лент на горючесть и воспламеняемость и взрывозащищенность электрооборудования.

**Освоение данной учебной дисциплины должно обеспечивать формирование следующих компетенций:**

АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.

АК-3. Владеть исследовательскими навыками.

АК-4. Уметь работать самостоятельно.

АК-5. Быть способным порождать новые идеи (обладать креативностью).

АК-7. Иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером.

АК-9. Уметь учиться, повышать свою квалификацию в течение всей жизни.

СЛК-1. Владеть качествами гражданственности.

СЛК-5. Быть способным к критике и самокритике.

ПК-5. Создавать условия соответствия работы предприятия действующим стандартам, нормам и правилам.

ПК-6. Принимать участие в повышении качества продукции и надежности работы производства.

ПК-11. В составе коллектива специалистов или самостоятельно осуществлять рационализаторскую и изобретательную деятельность, оформлять заявки на выдачу охранных документов на объекты промышленной собственности.

ПК-17. Разрабатывать технические задания на проектируемый объект.

ПК-21. Подготавливать техническую документацию к тендерам, проводить экспертизу тендерных материалов и консультации заказчиков проектов по этим материалам.

ПК-25. Составлять отдельные разделы отчетов по научно-исследовательской работе самостоятельно или в составе группы специалистов.

ПК-27. Принимать участие в подготовке к опубликованию научных работ.

ПК-34. Разрабатывать, представлять, согласовывать и утверждать техническую, методическую и иную документацию, регламентирующую порядок выполнения работ.

ПК-37. Пользоваться глобальными информационными ресурсами.

ПК-38. Работать с юридической литературой и трудовым законодательством.

ПК-40. Осуществлять поиск, систематизацию и анализ информации по перспективам разработки месторождений полезных ископаемых.

ПК-41. Определять цели инноваций и способы их достижения.

### **Особенности стимулирования и подачи учебного материала**

ЭУМК включает учебные, научные и методические материалы по учебной дисциплине «Безопасное ведение подземных горных работ». Состоит из четырех разделов: теоретического, практического, контроля знаний, вспомогательного.

Теоретический раздел ЭУМК содержит материалы для теоретического изучения дисциплины «Безопасное ведение подземных горных работ» в объеме, установленном учебным планом и учебной программой для специальностей 1-51 02 01 «Разработка месторождений полезных ископаемых (по направлениям)» направление специальности 1-51 02 01-02 «Разработка месторождений полезных ископаемых (подземные горные работы)», 7-07-0724-01 «Разработка месторождений полезных ископаемых» (профилизация «Подземные горные работы»).

В практическом разделе ЭУМК приведен примерный перечень тем практических занятий.

Раздел контроля знаний включает перечень контрольных вопросов и заданий для самостоятельной работы студентов.

Во вспомогательный раздел входит основная и дополнительная литература, нормативные правовые акты, технические нормативные правовые акты.

Предложенные материалы являются теоретической основой для изучения учебной дисциплины «Безопасное ведение подземных горных работ».

### **Рекомендации по организации работы с ЭУМК**

Электронный документ открывается в среде Windows на IBM PC – совместимом персональном компьютере стандартной конфигурации.

# **I ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ**

## **ГЛАВА 1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ГОРНЫХ РАБОТАХ**

### **1.1 Предмет безопасного ведения подземных горных работ и его содержание**

Горные работы относятся к одному из основных видов человеческой деятельности, которые обеспечивают само существование и уровень развития цивилизации и являются областью промышленного производства, охватывающей разведку месторождений полезных ископаемых, их разработку и первичную переработку добываемого минерального сырья, а также строительство горных предприятий и подземных сооружений различного назначения. История развития горного дела насчитывает несколько тысячелетий.

Современное горное производство предъявляет к техническим руководителям высокие требования.

Повышение эффективности горного производства должно осуществляться путем его технического перевооружения, обеспечивающего снижение затрат на производство продукции, повышение качества продукции, экономическое и рациональное использование трудовых и материальных ресурсов, комплексное освоение богатства земных недр.

Курс «Безопасное ведение подземных горных работ» состоит из следующих глав: общие сведения о горных работах, разрушение горных пород, перемещение разрыхленных горных пород, поддержание горных выработок, проветривание горных выработок, основные понятия о шахте и терминологии, способы вскрытия шахтных полей, способы подготовки шахтных полей, системы разработки калийных руд, горно-проходческое оборудование, горные машины для подземных работ, оборудование для крепления и управления кровлей, скребковые конвейеры.

### **1.2 Основные понятия и термины**

Потенциально опасные объекты и эксплуатируемые на них технические устройства, применяемые при разработке подземным способом соляных месторождений, применяемые в соляных рудниках должны соответствовать техническому регламенту Таможенного союза «О безопасности машин и оборудования», принятому решением Комиссии Таможенного союза «О безопасности оборудования для работы во взрывоопасных средах», принятому решением Комиссии Таможенного союза от 18 октября 2011 (далее – ТР ТС 012/2011), техническому регламенту Таможенного союза «О безопасности низковольтного оборудования» принятому решением Комиссии Таможенного союза от 16 августа 2011.

Проектирование, монтаж, наладка, обслуживание, техническое диагностирование, ремонт потенциально опасных объектов, технических устройств, эксплуатируемых на них эксплуатация опасных производственных объектов должны производиться организациями, имеющими специальное разрешение (лицензию) на деятельность в области промышленной безопасности.

Разработка соляных месторождений полезных ископаемых допускается при условии соблюдения Кодекса Республики Беларусь о недрах и обязательны для соблюдения требований технических нормативных правовых актов.

В «Правилах по обеспечению промышленной безопасности при разработке подземным способом соляных месторождений Республики Беларусь» применяются следующие термины и их определения:

– газовый режим – совокупность требований, предъявляемых к рабочим зонам рудников, разрабатывающих пласты (горизонты), опасные по газу и внезапным выбросам соли и газа;

– общерудничные выработки – шахтные стволы, выработки околоствольного двора, включая камеры служебного назначения, главные транспортные, конвейерные и вентиляционные штреки;

– рабочая зона – призабойное пространство лавы, одиночная или несколько выработок, в которых ведутся работы с разрушением горного массива в условиях газового режима: очистные, подготовительные, разведочные и другие работы, связанные с отбойкой руды и пустой породы машинным способом или буровзрывными работами; бурение шпуров и скважин;

– рабочее место – ограниченная зона производственного пространства, предназначенная для выполнения определенного перечня операций одним рабочим или группой работников, оснащенная необходимыми средствами труда и обеспеченная соответствующими предметами труда;

– рудоуправление – структурное подразделение организации, где на производственной площадке в едином технологическом комплексе ведутся подземные горные работы по добыче полезных ископаемых, обогащению полезных ископаемых и эксплуатируются технические устройства, к которым предъявляются повышенные требования безопасности;

### **1.3 Месторождения полезных ископаемых и элементы их залегания**

Земная кора состоит из разнообразных минералов и горных пород. Под минералом понимают природное тело, приблизительно однородное по химическому составу и физическим свойствам, которое образуется в результате физико-химических процессов в земной коре. Минералами являются, например, гипс, кварц, галит, магнетит и пирит. В большинстве своем это твердые кристаллические химические соединения.

Устойчивые агрегаты одного или нескольких минералов, образующие самостоятельные геологические тела, называют *горными породами* (песчаник, кварцит, гранит, мрамор, кварцит железистый, известняк, базальт и др.).

Часть минералов и горных пород, которую использует человек, называют *полезными ископаемыми*; другая, большая часть горных пород, которая вмещает полезные ископаемые, называется *пустыми породами*.

Полезные ископаемые в виде минералов и горных пород относятся к твердым полезным ископаемым; жидкости и газы, заполняющие естественные полости в горных породах, – к жидким и газообразным. К твердым полезным ископаемым относятся уголь, руды черных и цветных металлов, драгоценные камни, соли, строительные горные породы (доломиты, пески, глины, кварциты, граниты и др.).

Жидкими полезными ископаемыми являются нефть, рассолы, воды; к газообразным полезным ископаемым относятся природные газы: метан, этан, пропан.

Разделение всех горных пород на полезные ископаемые и пустые породы является условным. В зависимости от потребности народного хозяйства в минеральном сырье, технологии его добычи и переработки на горном предприятии одни и те же горные породы могут быть и полезными ископаемыми, и пустыми породами. Кроме этого, извлечение из недр и уложенные в отвалы пустые породы могут со временем, по мере развития технологии переработки, перейти в категорию полезных ископаемых.

Естественное местное скопление в толще земной коры в объемах и концентрации, достаточных для рентабельной разработки, называется *месторождением полезного ископаемого*.

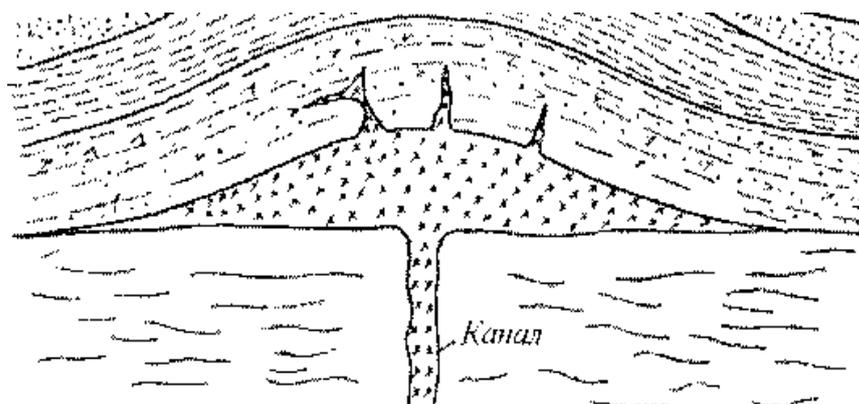
По виду полезного ископаемого различают месторождения:

- а) твердого минерального топлива: угля, торфа, горючих сланцев;
- б) рудные: железных, марганцевых, медных, свинцовых, урановых и других руд;
- в) нерудные: фосфоритов, апатитов, солей, различных строительных пород;
- г) прочие: драгоценных камней и др.

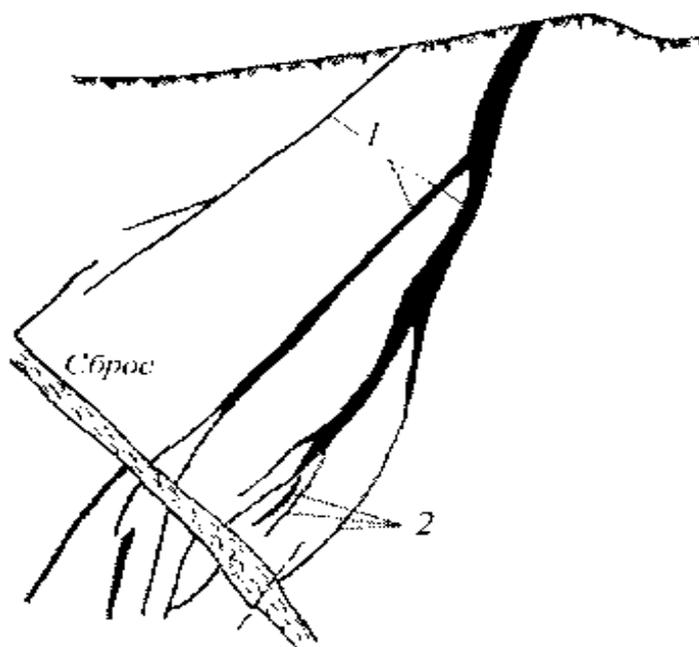
В зависимости от происхождения месторождения полезных ископаемых разделяют на *магматические, осадочные* и *метаморфические*.

Форма залегания месторождений полезных ископаемых обусловлена условиями их образования и может быть правильной и неправильной.

Для магматических и частично метаморфических месторождений полезных ископаемых характерны главным образом неправильные формы залегания, т.е. залежи в виде жил, прожилков, гнезд, штоков, линз и куполов (рисунок 1.1 и 1.2).

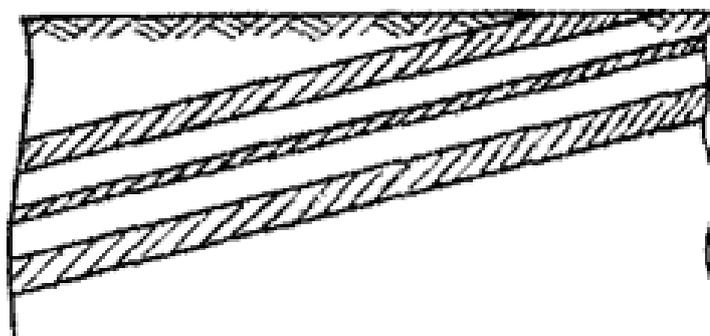


**Рисунок 1.1 – Лакколит**



**Рисунок 1.2 – Жилы (1) и прожилки (2)**

Для осадочных в первую очередь и частично для метаморфических месторождений полезных ископаемых характерны правильные формы залегания в виде пластов и пластообразных залежей (рисунок 1.3).

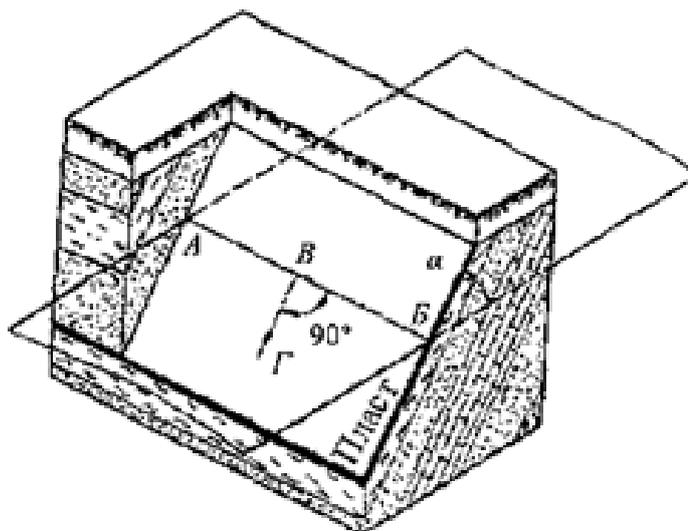


**Рисунок 1.3 – Свита пластов**

Пространственное положение месторождений полезных ископаемых определяется их элементами залегания – *простиранием и падением*.

Пластом называется горная порода, залегающая в виде слоя между двумя другими горными породами, обычно с четкими контактами между ними на значительной площади. Поверхность соприкосновения пласта называется плоскостями напластования. Пласт обычно представляет собой однородную породу с отдельными инородными включениями, однако часто состоит из отдельных слоев – пачек. При сложном строении пласта отдельными пачками полезного ископаемого разделяются тонкими пластами пустой породы – прослойками. Тонкие пласты полезного ископаемого, разработка которых является нерентабельной, называется пропластками. Несколько согласно залегающих в земной коре пластов полезного ископаемого именуются свитой. Часть пласта, выходящая на земную поверхность, называется выходом пласта.

*Простираание пласта* – протяжение его в направлении линии простираания, представляющей собой линию пересечения пласта с горизонтальной плоскостью (рисунок 1.4). Направление простираания пластов определяется азимутом простираания, т.е. углом, образования линий простираания с меридианом.



AB – линия простираания; BG – линия падения;  $\alpha$ – угол падения

**Рисунок 1.4 – Элементы залегания пласта**

*Падение пласта* называется его протяжением по линии падения, под которой понимается линия, лежащая в плоскости пласта и перпендикулярная линии простираания. *Угол падения пласта* – угол между линией падения пласта и горизонтальной плоскостью. Угол падения измеряется в градусах. Направление, противоположное падению, называется восстанием.

#### 1.4 Запасы и извлечение полезных ископаемых

Прежде чем приступить к разработке месторождения полезного ископаемого, необходимо определить его местонахождение и технологическую возможность, экономическую целесообразность разработки. Для решения этой задачи проводят геологоразведочные работы, включающие в себя этапы поиска и разведки.

*Поиском* называются работы, цель которых – отыскание месторождений полезных ископаемых и их предварительная оценка, т.е. установление целесообразности продолжение дальнейших разведочных работ.

*Разведкой* называют комплекс работ по определению основных элементов залегания полезного ископаемого, его качества и количества, т.е. запасов, типа окружающих пород, особенностей гидрогеологии месторождения, его газоносности и других условий залегания.

По стадии проведения, степени деятельности и полноты изучений месторождения разведка делится на *предварительную, детальную и эксплуатационную*, причем последняя выполняется в процессе разработки месторождения полезного ископаемого.

Геологоразведочные работы осуществляются путем проведения различных горных выработок (скважин, канав, шурфов, штолен и др.) и геофизическими методами.

Разведка месторождений сопровождается подсчетом запасов *полезных ископаемых*.

В зависимости от степени разведанности условий залегания месторождений или его частей, изученности качества минерального сырья запасы разделяют на категории А, В, С<sub>1</sub>, С<sub>2</sub>.

К категории А относят запасы, по которым полностью закончены геологоразведочные работы на рассматриваемой территории, полностью выявлены условия залегания полезного ископаемого, его природные типы и сорта, их соотношение и пространственное положение, технологические свойства.

К категории В относятся запасы с выявленными основными особенностями условий залегания, природными типами и промышленными сортами полезного ископаемого без точного установления пространственного положения каждого типа, с выясненными основными технологическими свойствами полезного ископаемого и главными природными факторами, определяющими условия ведения горно-геологических работ.

К категории С<sub>1</sub> относят запасы, примыкающие к контурам запасов категории А и В. Для них изучены в общих чертах условия залегания, природные типы, качество, технологические свойства и другие факторы, определяющие постановку детальных разведочных и исследовательских работ.

К категории  $C_2$  относят запасы с условиями залегания и распространения полезного ископаемого, определенными по геологическим и геофизическим данным и подтвержденными посредством вскрытия месторождения полезного ископаемого в отдельных его точках или по аналогии с изученными участками месторождения.

Контур запасов категории А определяются путем бурения разведочных скважин и проведения горных выработок; контуры запасов категории В – то же с включением в случае устойчивой мощности и выдержанном качестве полезного ископаемого ограниченной зоны экстраполяции. Контуры запасов категории  $C_1$  определяются на основании данных, полученных при проведении геологоразведочных выработок и эксплуатации по геологическим и геофизическим данным, а запасов категории  $C_2$  – на основании данных по единичным пробам и образцам или по данным примыкающим разведочных участков.

Запасы, установленные на основе общих геологических представлений, называют *прогнозными запасами*.

Все подсчитанные запасы, которые включают общее количество полезных ископаемых, выявленных при разведке месторождения, называют *геологическими*. Запасы, использование которых экономически целесообразно и удовлетворяет условиям, установленными для их подсчета, называют *балансовыми*. Запасы полезных ископаемых, извлечение которых при современном состоянии технологии добычи и переработки нецелесообразно, называют *забалансовыми*. При проектировании горных предприятий определяют *промышленные запасы*, представляющие собой количество полезного ископаемого, которое может быть добыто из разведанного месторождения. Разница между балансовым и промышленными запасами представляет собой планируемые *потери* полезного ископаемого.

Основные источники потерь:

- а) часть полезного ископаемого, оставляемая в недрах в виде целиков для поддержания горных выработок или вышележащих породных массивов;
- б) часть полезного ископаемого, остающаяся у его контактов с вмещающими породами в местах изменения элементов залегания;
- в) часть полезного ископаемого, остающаяся на почве горных выработок, в отбитой пустой породе и т.п.

Кроме количественных, имеют место качественные потери, вызываемые изменением состава, например попадания в полезное ископаемое пустых пород при отбойке, доставке и транспортировке.

Потери полезного ископаемого при добыче характеризуют коэффициентом потерь, который представляет собой отношение потерянных балансовых запасов к погашенным.

Потерю качества добываемых руд вследствие попадания в них пустых пород называют *разубоживанием*.

Потери полезного ископаемого в недрах в зависимости от сложности месторождений могут изменяться от 10 до 40% и более от балансовых запасов. Увеличение потерь полезного ископаемого приводит к нерациональному использованию недр и минерального сырья, уменьшение потерь – к повышению затрат на разведку месторождений, поэтому при проектировании предприятий устанавливается величина допустимых потерь.

### **1.5 Технология разработки месторождений полезных ископаемых**

Для разработки месторождений полезных ископаемых в зависимости от горно-геологических условий залегания и свойств пород и полезных ископаемых применяют различные технологии: подземную, открытую, скважинную и подводную.

Под *технологией* понимают совокупность производственных процессов, выполняемых во взаимной связи во времени и пространстве. Вместо термина «технология» применяется также термин «*способ разработки месторождения полезных ископаемых*». Соответственно различают подземный способ разработки месторождений, открытый способ и т.д.

Основные компоненты технологии разработки месторождений полезных ископаемых:

1. Работы, в результате выполнения которых обеспечивается доступ к полезному ископаемому с поверхности земли. Эти работы называются *вскрытием месторождения*.

2. Разделение залежи полезного ископаемого на части, удобные для извлечения полезного ископаемого из недр земли. Эти работы называют *подготовкой месторождения к очистной выемке*.

3. Работы по непосредственному извлечению полезного ископаемого из недр. Эти работы называют *очистной выемкой* полезного ископаемого, или *очистными работами*.

При вскрытии и подготовке месторождений к очистной выемке полезного ископаемого проводят сопутствующие работы, которые обеспечивают технически, технологически и экономически выгодное и безопасное выполнение основных процессов. К сопутствующим работам относят снижение водопритока и газопоступления из горных пород на рабочие места, заблаговременные при необходимости осушение и дегазация горных пород всего месторождения или его части. Параллельно с очистной выемкой полезного ископаемого и транспортированием его на земную поверхность осуществляют выемку и перемещение для складирования в специально отведенные места пустых горных пород, препятствующих доступу к полезному ископаемому, выполняют

доставку материалов, машин и механизмов, снабжают электрической и пневматической энергией, свежим воздухом и многие другие работы.

Предприятие, добывающее полезное ископаемое, осуществляет его первичную переработку и обогащение.

После завершения добычных работ необходима *рекультивация*, т.е. восстановление земель, нарушенных горными работами.

*Подземной* называется технология, осуществляемая с помощью подземных горных выработок.

*Горные выработки* – полости, сооружаемые в земной коре и обустраиваемые в соответствии с их назначением. *Подземными* называют выработки, расположенные на некоторой глубине от поверхности земли и имеющие замкнутый контур поперечного сечения.

*Открытая* разработка месторождений полезных ископаемых осуществляется с помощью *открытых горных выработок*, к которым относят выработки, примыкающие к поверхности земли и имеющие незамкнутый контур поперечного сечения.

*Скважинную технологию* применительно к твердым полезным ископаемым называют также геотехнологией. Сущность ее состоит в бурении скважин к полезному ископаемому, изменении физического или химического состояния полезного ископаемого и извлечения продукта на поверхность земли по скважинам. Для перевода полезного ископаемого в состояние, пригодное для транспортирования по скважинам, применяют размыв высоконапорной струей воды, плавление, растворение, химическую и бактериальную обработку.

*Подводная технология* применяется для разработки континентальных россыпных месторождений, месторождений на дне озер, морей в пределах континентального шельфа и мирового океана.

## **1.6 Горные выработки**

В зависимости от положения относительно залежи полезного ископаемого различают горные выработки, проводимые по пустым породам, их называют *полевыми*, по полезному ископаемому и частично по полезному ископаемому.

Горные выработки могут проводиться по простиранию, вкрест простирания, по восстанию, по падению или под углом к простиранию залежи.

В зависимости от назначения горные выработки бывают *разведочными*, их проводят для поиска месторождения, определения запасов и условий залегания полезного ископаемого, и *эксплуатационными* – для добычи полезного ископаемого открытым или подземным способом.

Эксплуатационные горные выработки по назначению делят на вскрывающие, подготовительные и очистные.

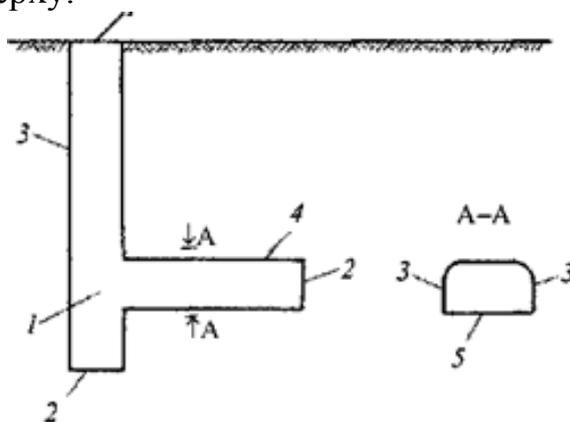
*Вскрывающие* горные выработки, относящиеся к капитальным выработкам, обеспечивают доступ с земной поверхности к месторождению или его части. Эти выработки имеют наибольший срок службы, который составляет от нескольких лет до десятков лет.

*Подготовительные* горные выработки обеспечивают подготовку части месторождения к очистной выемке. Срок службы этих выработок определяется продолжительностью отработки части месторождения и составляет от нескольких месяцев до нескольких лет.

*Очистные* горные выработки предназначены для добычи непосредственно полезного ископаемого. К ним относят протяженные выработки и камерные, представляющие собой горные выработки небольшой длины по сравнению с размерами поперечного сечения.

Элементами горных выработок являются (рисунок 1.5):

- забой – перемещающаяся в пространстве поверхность горных пород, ограничивающая горную выработку в направлении ее продвижения;
- устье – начало горной выработки, являющиеся местом выхода ее на поверхность земли или в другую выработку;
- подошва или почва – поверхность горных работ, ограничивающая горную выработку снизу;
- бока или стенки – поверхность горных работ, ограничивающие горную выработку с боков;
- кровля – поверхность горных пород, ограничивающая подземную горную выработку сверху.



1 – устье; 2 – забои; 3 – стенки (бока); 4 – кровля; 5 – почва (подошва)

**Рисунок 1.5 – Элементы горных выработок**

Горные выработки используются для размещения в них добычных горных машин, транспортирования добытого полезного ископаемого и пустых пород, доставки материалов и оборудования, для передвижения людей и циркуляции воздуха. В выработках прокладывают водоотливные и гидротранспортные

трубопроводы сжатого воздуха и электрические кабели. В выработках, пройденных в горных породах, склонных к обрушению, устанавливают крепь.

### **1.7 Горные предприятия и виды их продукции**

Промышленное предприятие, предназначенное для разведки или разработки месторождения полезных ископаемых, называют *горным предприятием*. Предприятие, осуществляющее комплекс работ по добыче полезных ископаемых, называют горно-эксплуатационным. Предприятие, выполняющее не только добычу, но и обогащение полезных ископаемых, т.е. повышение концентрации ценных минералов в конечном продукте путем отделения от них минералов пустой породы, называют *горно-обоганительным*.

Горные предприятия, осуществляющие подземную разработку месторождений полезных ископаемых, называют *шахтами и рудниками*.

Понятие «шахта» как самостоятельная производственно-хозяйственная единица включает в себя наземные сооружения и совокупность подземных горных выработок.

Рудник может состоять из одной или нескольких шахт, обоганительной фабрики и других цехов, объединенных административным управлением.

Горные предприятия, осуществляющие разработку месторождений полезных ископаемых открытым способом, называют *карьерными* или *разрезами*; так называются и комплекс открытых горных выработок, образующийся в процессе эксплуатации месторождения. Один или несколько карьеров или шахт, объединенных с обоганительной фабрикой, называют *горно-обоганительным комбинатом*.

Горные предприятия, разрабатывающие россыпные месторождения, называют *приисками*, а также *шахтами, разрезами и карьерами*.

Месторождение или его часть, предназначенная для разработки одним горным предприятием, называют в зависимости от способа разработки *шахтным* или *карьерным* полем.

Границами шахтных или карьерных полей являются условные поверхности, ограничивающие их по простиранию и по падению. Размеры шахтных и карьерных полей определяются на основании технико-экономических расчетов. При разработке угольных месторождений длина шахтного поля по простиранию составляет от 6 до 20 км, по падению – от 2 до 6 км.

Производительность горных предприятий, называемая также производственной мощностью, исчисляется тоннами полезного ископаемого, добываемого в течении года. Производственная мощность рудников и шахт составляет от десятков тысяч до миллионов тонн полезного ископаемого.

Производственная мощность карьеров, разрабатывающих месторождения редкометаллических руд, строительных пород, может составлять сотни тысяч тонн в год, а разрабатывающих угольные и железорудные месторождения, - до десятков миллионов тонн в год.

Производительность горного предприятия  $A$ , т/год, срок его существования  $T$  и балансовые запасы полезного ископаемого в шахтном или карьерном поле  $Z$  связаны выражением  $A = Z/T$ .

Продолжительность существования горных предприятий составляет от 5 до 50 лет и более. В процессе разработки месторождений сроки существования предприятий могут увеличиваться из-за доразведки месторождения и включения в категорию балансовых новых запасов полезного ископаемого, а также вследствие возможного снижения кондиций на полезное ископаемое. Причиной увеличения срока существования горного предприятия может быть повторная разработка месторождения с применением новых технологий комплексного извлечения ценных минералов.

Добываемые горными предприятиями основные виды твердых полезных ископаемых разделяются по химическому составу и направлению использования: металлические, неметаллические и горючие.

К металлическим полезным ископаемым относят руды:

- черных металлов, содержат железо, марганец, хром, титан и др.;
- цветных металлов, содержат медь, свинец, цинк, алюминий, олово и др.;
- драгоценных металлов: золота, серебра, платины;
- на радиоактивные элементы уран, торий и др.;
- редких, легких и рассеянных элементов, содержат цирконий, тантал, литий, германий, таллий, кадмий и другие элементы.

К неметаллическим полезным ископаемым относятся:

- строительные материалы – горные породы: гранит, гнейсы, известняки, глины и суглинки, песок и гравий и т.д.;
- сырье для металлургической промышленности – такие горные породы и минералы, как известняки, доломит, флюорит, графит, магнезит, огнеупорные глины, формовочные материалы и др.;
- индивидуальное сырье – асбест, тальк, барит, слюды, полевошпат и пегматит, корунд и др.;
- сырье для пищевой и химической промышленности – фосфориты, апатиты, сера, мышьяк, бор, ископаемые соли, мел и др.

К твердым горючим ископаемым относятся бурый и каменный угли, антрацит, горючие сланцы, торф.

## **1.8 Производственный комплекс горного предприятия на земной поверхности**

*Производственный комплекс* горного предприятия (шахта, рудник, карьер) на земной поверхности представляют собой здания, сооружения и оборудование, предназначенное для приема добываемого полезного ископаемого, его переработки, сортировки, очистки, обогащения, агломерации и изготовления окатышей; погрузки готовой продукции в транспортные средства и отправки ее потребителю, а также для хранения некоторой части полезного ископаемого на складах; приема и складирования пустых пород; снабжения машин и механизмов электроэнергией, сжатым воздухом и водой; для проветривания горных выработок; ремонта оборудования и хранения необходимых запасов материалов; для обеспечения комфортного обслуживания персонала предприятия.

На современных горных предприятиях все основные технологические процессы, выполняемые на земной поверхности, и обеспечивающие их технические службы объединены в производственный комплекс, связанный с шахтой (карьером) единой системой компьютерного управления.

К объектам *промышленной площадки шахты* относятся надшахтные копры и надшахтные здания, административно-бытовой комбинат, здания и площадки отдельные технические службы: электроподстанция, резервуары для воды, химическая лаборатория, эстакады, отвалы, железнодорожное путевое хозяйство и др.

*Копер* – металлические или железобетонное сооружение высотой от 15 до 50 м и более, расположенные непосредственно над устьем ствола. Копер предназначен для установки направляющих шкивов и шахтных подъемных машин, разгружающих направляющих для скипов и др.

*Надшахтные здания* непосредственно примыкают к шахтному копру; они предназначены для обеспечения работы шахтного подъема. При клетевом подъеме с обычными клетями в надшахтном здании укладывают рельсовые пути для откатки груженых и порожних вагонеток, при скиповом подъеме и клетьевом подъеме с опрокидными клетями в надшахтных зданиях устанавливают устройство для разгрузки подъемных сосудов и погрузки горной массы в транспортные средства. В технологическом комплексе шахты копры и надшахтные здания объединяют в блоки главного и вспомогательного стволов.

*Блок главного (скипового) ствола* состоит из копра, помещений, в которых установлена подъемная машина, устройство для приема и разгрузки скипов в железнодорожные вагоны, дробильно-сортировочная установка, и котельной.

*Блок вспомогательного (клетевого) ствола* обслуживает спуск и подъем людей, спуск материалов и оборудования, откатку и обмен вагонеток на поверхности, в состав блока включают ремонтные мастерские, материальные

склады, калориферную и компрессорную станции, пожарный пост, аккумуляторную и т.п.

*Административно-бытовой комбинат (АБК)* включает в себя вспомогательные помещения и службы: административно-управленческую часть, зал собраний, банно-гардеробную часть, прачечную, питьевую станцию, медицинскую часть, ламповую. АБК располагается отдельно от блока вспомогательного ствола и соединяется с ним утепленным переходом, галереей или тоннелем.

*Дробильно-сортировочный комплекс (ДСК)* предназначенный для дробления и отсева по крупности горной массы с целью получения из нее строительных материалов (щебня, гравия) для собственных нужд горного предприятия и для других потребителей. При добыче руд дробильно-сортировальный комплекс выполняет первичные операции по предварительной сортировке горной массы (отделение пустых пород, разделение по крупности) и ее дроблению перед транспортированием конвейерами на обогатительную фабрику. Во многих случаях первичная переработка горной массы ограничивается только ее сортировкой. В зависимости от технологии первичной переработки горной массы в составе ДСК могут быть дробилки, грохота, питатели и конвейеры, аппаратура экспресс-анализ горной массы, приемные и погрузочные устройства.

*Здание вентиляторной установки* предназначено для размещения в нем главных вентиляторов, находится оно около главного ствола и соединяется с ним подземными выработками-воздуховодами (каналами).

*Здание калориферной установки*, предназначенной для подогрева воздуха, который поступает в шахту в зимнее время, расположено вблизи воздухоподающего ствола шахты. При ведении горных работ на больших глубинах существует потребность в охлаждении воздуха, поступающего в шахту, так как температура горных пород повышается с увеличением глубины их залегания. Для охлаждения воздуха, направляемого в шахту, применяют шахтные кондиционеры, которые устанавливают в отдельном здании, дополнительно к стационарным установкам могут быть использованы участковые кондиционеры, расположенные в подземных горных выработках.

*Эстакады* – сооружения для укладки рельсовых путей узкой колеи и размещения конвейерных установок; эстакады могут быть открытыми и закрытыми, горизонтальными и наклонными.

*Бункера* представляют собой металлические или железобетонные сооружения, служащие для кратковременного хранения полезного ископаемого или породы, из бункеров осуществляют погрузку в железнодорожные вагоны; применяют также конвейеры для погрузки угля, в этом случае бункеры не нужны.

*Отвалы* – места складирования пустой породы, выдаваемой из шахты (карьера); отвалы устраивают в балках, оврагах и на других специально отведенных участках территории предприятия. Для транспортирования пустых горных пород из отвалов применяют автомобильный транспорт, подвесные канатные дороги и др.

Промышленная площадка на поверхности карьера отличается от шахтной тем, что на ней отсутствуют копры, надшахтные здания, вентиляторная, калориферная станции и другие сооружения, связанные с особенностями подземной добычи полезных ископаемых.

### **1.9 Основные сведения о свойствах горных пород**

В процессах горного производства породы подвергаются удару, сжатию, разрыву, нагреву, охлаждению, растворению и др.

Характерные поведения горной породы при воздействии на нее различных физических, химических, биологических полей и сред называют *свойством горной породы*. Численное значение свойств горных пород называют *параметрами*.

Физические свойства и параметры горных пород определяются их минеральным составом, структурой, текстурой, количеством минерального вещества в единице объема породы и силами структурных связей между минеральными зёрнами.

В зависимости от вида и силы структурных связей различают твердые, связные и рыхлые горные породы.

К *твердым* относятся горные породы, в которых связь между минеральными зёрнами жесткая, химическая, обеспечивающая их прочное взаимное сцепление; к таким горным породам относят кварцит, гранит, песчаник, базальт, диабаз и др.

В технологических процессах твердые горные породы делят на скальные и полускальные. К скальным относят изверженные, метаморфические и некоторые осадочные горные породы, имеющие пределы прочности при одноосном сжатии в насыщенном водой состоянии (влажность около 3 – 5 %) от 50 до 350 МПа. К полускальным относятся осадочные и часть изверженных и метаморфических пород, имеющих предел прочности при одноосном сжатии в насыщенном водой состоянии (влажность около 12%) от 20 до 50 МПа.

*Связные* – это тонкоизмельченные породы, в которых связи между дисперсными частицами могут существенно изменяться в зависимости от количества и вида воды в породе; в этих породах, находящихся в увлажненном состоянии, связь между частицами ионно-электростатическая; к связным относятся глинистые породы.

*Рыхлые* – это сыпучие, раздельно-зернистые горные породы; в них связи между минеральными зернами практически отсутствуют, породы состоящие из одного или нескольких минералов и представляют собой механические смеси их частиц, на контактах между которыми существуют силы трения.

Для обоснования выбора технологий и технических средств наиболее эффективного ведения горных работ, для управления процессами горного производства необходимо знать свойства и параметры объекта разработок, т.е. разрабатываемых горных пород. Все параметры свойств горных пород, характеризующие их поведение в процессах горного производства, называют физико-техническими параметрами.

При изучении свойств горных пород используют понятия: массива, горная порода в породном массиве, горная порода в разрыхленном состоянии, образец горной породы.

*Массив горных пород*, или просто массив, это часть земной коры, характеризующаяся общими условиями образования, геологические особенностями и определенными физико-техническими параметрами слагающих его горных пород. Характерной особенностью массивов является различной степени дисперсность слагающих его горных пород, присутствие в нем жидких и газообразных включений. При ведении горных работ в массиве развиваются физические и физико-химические процессы, приводящие к изменению его состояния и физических параметров.

*Элементарный объем* породного массива – это часть массива, которая сохраняет все ее свойства и в то же время настолько мала по сравнению с массивом, что ее состояние и параметры можно рассматривать как характерные точки. Соответственно площадь поперечного сечения элементарного объема и его линейный размер называют элементарной площадкой и элементарной длиной.

*Горная порода в породном массиве* – это агрегат минералов, образующий массив, если он состоит из одной породы, или являющийся частью массива, сложенного из нескольких горных пород. Горной породе присущи вполне определенные свойства и их параметры, а также состояние, характерное для массива, частью которого является данная порода.

*Горная порода в разрыхленном состоянии* – это разрушенная порода, состоящая из отдельных кусков, образовавшихся в результате искусственного воздействия на нее или вследствие сдвижения породного массива под действием тектонических сил.

*Образцы горной породы* – это отдельные части, куски или связных пород или небольшие объемы рыхлых пород, отделенные от основной породной массы. Образцы горных пород отличаются от пород, находящихся в массиве, степенью дефектности, силами связей, степенью насыщения газами, жидкостями,

давлением, температурой и т.п. Образцы горной породы отбирают по установленным правилам и используют для экспериментального определения свойств породы. Полученные на образцах горной породы значения ее физико-технических параметров сопоставляют с данными натурных испытаний породы, находящейся в массиве.

*Физико-технические свойства горных пород* подразделяют плотностные, механические, тепловые, электрические, магнитные, волновые, радиационные, гидродинамические и газодинамические. В конкретных технологических процессах горного производства используют горно-технологические параметры горных пород. Из числа физико-технических свойств горных пород выделяют базовые свойства, являющиеся минимально необходимыми и достаточными для характеристики породы как физического тела и объекта разработки (таблица 1.1).

Таблица 1.1

Группа свойств	Физико-технические параметры	Обозначения и единицы измерения	Численное значение
Плотностные	Объемная масса	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	1500 – 3500
	Пористость	P, %	1,5 – 30
Механические	Предел прочности при сжатии	$\sigma_{сж}$ , Па	$10^7 – 3 \cdot 10^8$
	Предел прочности при растяжении	$\sigma_p$ , Па	$0 – 2 \cdot 10^7$
	Модуль продольной упругости	E, Па	$10^9 – 3 \cdot 10^{11}$
	Коэффициент Пуассона	$\nu$	0,1 – 0,45
Тепловые	Коэффициент теплопроводности	$\lambda, \frac{Вт}{м \cdot К}$	0,2 – 12
	Удельная теплоемкость	C, Дж/(кг·К)	500 – 1500
	Коэффициент линейного теплового расширения	$\beta$ , 1/К	$2 \cdot 10^{-6} – 10^{-4}$
Электрические	Удельное электрическое сопротивление	$\rho_z$ , Ом·м	$10^{-3} – 10^8$
	Относительная диэлектрическая проницаемость	$\epsilon$	2 – 30
Магнитные	Относительная магнитная проницаемость	$\mu$	0,9998 – 6,5

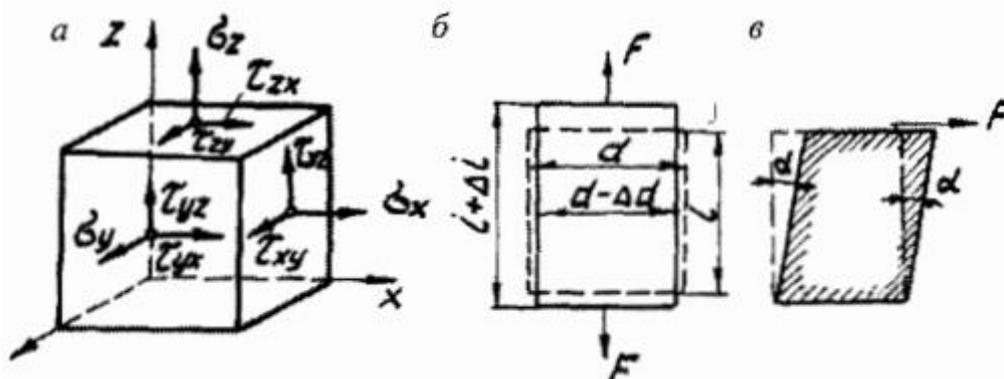
*Плотностные свойства* горных пород зависят от их минерального состава, структуры, текстуры и характеризуют степень заполнения объема породы минеральным веществом. К плотностным свойствам горных пород, находящихся в естественном и разрыхленном состояниях, относят плотность, пористость, объемную массу, насыпную плотность, удельный вес и объемный вес.

*Механические свойства* горных пород характеризует их поведение в различных механических силовых полях, создаваемых ударом механического инструмента, взрывом зарядов взрывчатого вещества, действием гравитационных сил и др. Под действием внешних механических силовых полей в породах появляются противодействующие внешним внутренние силы, плотность которых называют *напряжениями*. Следовательно, напряжение  $\sigma$ , Па, – отношение внутренней силы  $F$ , Н, действующей на площадке  $S$ , м<sup>2</sup>:

$$\sigma = F/S.$$

Сила является величиной векторной, т.е. действующей в определенном направлении. Если внешние силы действуют на породу только в одном направлении, по одной оси координат, то считается, что они вызывают в породе одноосное напряженное состояние; если в направлении двух или трех осей, то соответственно двухосное, т.е. плоское, или трехосное, т.е. объемное напряженные состояния. Напряжения, направленные перпендикулярно к рассматриваемой площадке, называют нормальными  $\sigma$ , напряжения, направленные вдоль площадки, – касательными  $\tau$ . Так, на каждой грани элементарного объема породного массива можно выделить по три вектора напряжений – два взаимно перпендикулярных вектора касательных напряжений и один вектор нормального напряжения (рисунок 1.6, а).

Под действием внешних сил в породе могут появляться *деформации* сжатия, растяжения, сдвига, соответствующие возникающим напряжениям (рисунок 1.6, б, в).



а – компоненты напряжений в элементарном объеме породы, находящейся в трехосном напряженном состоянии; б – деформации образца породы под действием нормальных сил; в – то же, под действием касательных сил

**Рисунок 1.6 – Напряжения и деформации**

Нормальным напряжениям соответствуют относительные линейные деформации

$$\varepsilon = \Delta l/l,$$

где  $l$  – линейный размер образца породы;

$\Delta l$  – изменение линейного размера образца.

Касательным напряжениям соответствуют деформации сдвига

$$\delta = \operatorname{tg} \alpha,$$

где  $\alpha$  – угол сдвига у граней образца; вследствие малости углов сдвига принимаем  $\operatorname{tg} \alpha \sim \alpha$ .

Деформации считают упругими в том случае, когда порода почти мгновенно восстанавливает свою форму и размеры после снятия нагрузки, пластическими, – когда в породе сохраняется остаточная деформация после снятия нагрузки, и разрушающими, – когда порода теряет свою сплошность и разделяется на части. *Упругость* – способность горных пород к накоплению энергии в потенциально обратимой форме. Связь между напряжениями и деформациями в горных породах выражают через параметры механических свойств пород. К таким параметрам относят откоса.

Горно-технологические свойства горных пород характеризуют их устойчивость в силовом поле и разрушаемость определенными техническими средствами (к ним относят крепость, твердость, вязкость, дробимость, и буримость механическим способом, сопротивляемость резанию, взрываемость зарядом взрывчатого вещества), а также параметры, которые характеризуют воздействие породы на инструмент (абразивность) и на технологические процессы добычи и переработки (выбросоопасность, метаноносность, самовозгораемость, обогатимость и др.).

*Крепость* горных пород – условное понятие, характеризующее проявление совокупности механических свойств горных пород при действии на них механических сил. Понятие крепости горных пород используют при оценке их разрушаемости практически во всех технологических процессах добычи и переработки полезных ископаемых. Крепость возрастает с увеличением содержания в породе прочных минералов и сил связей между минеральными зернами и отдельными блоками породного массива. Понятие крепости предложил проф. М.М. Протодяконов, который для качественной оценки крепости ввел коэффициент крепости  $f$ , в первом приближении пропорциональный пределу прочности образца горной породы при одноосном сжатии. Им была предложена также классификация, в при одноосном сжатии. Им была предложена также классификация по крепости на десять категорий. К категории X относятся слабые, пльвунные породы, имеющие  $f = 0,3$ , к категории I – крепкие вязкие базальты, микрокварциты, диорит-порфириты и другие горные породы, имеющие  $f = 20$ .

*Абразивность* горных пород – способность пород изнашивать контактирующие с ними поверхности исполнительных органов породоразрушающих, выемочно-погрузочных, транспортных и других горных машин в процессе их работы. Абразивность определяется прочностью, формой

и размерами зерен породообразующих минералов. По методу, предложенному Л.И. Бароном и А.В. Кузнецовым, абразивность горных пород характеризуют показателем абразивности, который определяют путем измерения уменьшения массы, мг, тупого цилиндрического стержня из незакаленной стали из-за истирания его торца о поверхность породы при вращении стержня со скоростью 400 об/мин под осевой нагрузкой 150 Н в течение 10 мин. По показателю абразивности различают породы высоко-, средне- и малоабразивные. К высокоабразивным относятся породы, имеющие показатель абразивности около 90 мг, например, порфириды, граниты, нефелиновые сиениты, диориты и др. К среднеабразивным – породы с показателем абразивности 20 – 30 мг: песчаники, диабазы, окварцованные известняки и др. К малоабразивным породам относятся аргиллиты, углистые сланцы, известняки, мраморы, каменная соль и другие, имеющие показатель абразивности, равный 3 – 5 мг.

*Буримость* горных пород – это сопротивляемость пород разрушению буровым инструментом. Буримость характеризует проявление в процессе бурения совокупности свойств породы: прочности, упругости, абразивности. Буримость оценивают скоростью бурения, временем и энергоемкостью бурения единицы длины скважины или шпура конкретным видом бурильной машины. По буримости различают легкобуримые, среднебуримые и труднобуримые горные породы. К легкобуримым породам относятся, например угли, антрациты, перидотиты, кварциты и другие.

Понятие «*сопротивляемость резанию*» применяют при разрушении углей резами. Показателем сопротивляемости угля резанию, кН/см, принято считать силу, кН, приходящуюся на 1 см толщины среза при резании с поверхности забоя инструментом заданной геометрии.

*Взрываемость* горных пород – это сопротивление пород разрушению под действием взрыва заряда взрывчатого вещества (ВВ). Взрываемость оценивают до нескольких килограммов на 1 м<sup>3</sup> породы. Различают горные породы: легковзрываемые, например, суглинок, уголь, мергель, мягкий известняк; средневзрываемые – песчаник, сланец, мрамор, доломит; трудновзрываемые – гранит, базальт, диорит; весьма трудновзрываемые – роговик, андезит, габбро.

## ГЛАВА 2 РАЗРУШЕНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД

### 2.1 Способы разрушения горных пород

Разрушение горных пород является одним из основных физических процессов горного производства и реализуется в таких технологических процессах, как отбойка горных пород, разделка негабаритов, дробление и измельчение горной массы.

Отбойка представляет собой отделение кусков горных пород от природного массива.

Разделка негабаритов – разделение кусков, имеющих размеры больше допустимых по условиям погрузки, доставки или транспортировки, на более мелкие куски кондиционной крупности.

*Дробление* – уменьшение размеров кусков горной массы путем их раздавливания, раскалывания на стадии первичной переработки руды.

*Измельчение* – уменьшение размеров кусков горной массы посредством их раскалывания на более мелкие кусочки или истирания с поверхности.

Сущность разрушения заключается в разрыве связей между частицами минералов, из которых состоят горные породы. Разрушение происходит в результате критического скопления точечных, линейных и объемных дефектов кристаллического строения. В горных породах дефектами являются контакты между зернами минералов и между слоями, а также трещины. В местах скопления дефектов зарождаются микротрещины, которые «размножаются», перерастают в макротрещины, соединяются между собой, превращаясь в магистральные трещины, приводящие к разделению объема породы на отдельные части. На движение дефектов, на развитие трещиноватости, т.е. на разрушение горной породы должна быть затрачена энергия, которая передается в горную породу различными способами.

Способ передачи горной породе, введения в нее энергии практически определяет и название способа разрушения породы. При непосредственном контактом воздействии на породу механического инструмента разрушение называют *механическим*. Если в горную породу для ее разрушения поступает энергия от взрыва заряда взрывчатого вещества (ВВ), то разрушение называют *взрывным*. В настоящее время механическое и взрывное разрушения горных пород являются наиболее широко применяемыми. Этими способами можно разрушить практически все типы твердых и связных горных пород. Однако вследствие того, что в связных породах прочность обусловлена водно-коллоидной связью между частицами, которая является существенно менее прочной, чем в кристаллических породах, в определенных горно-геологических условиях по техническим, технологическим и экономическим показателям более целесообразно применять *гидравлический способ разрушения*. Сущность его

состоит в размыве пород струей воды, вылетающей из насадки гидромонитора с большой скоростью. Существуют также *физические способы разрушения* горных пород, отличительным признаком которых является то, что энергия для разрушения вводится в породу, как правило, без непосредственного контакта генератора энергии с породой. Непосредственно на поверхность разрушаемой породы воздействует газовый теплоноситель или поток электромагнитного излучения. При конвективном теплообмене способ разрушения называют *термическим* при передаче энергии посредством электромагнитного излучения – *электротермическим*. Существует также способ разрушения горных пород с контактным вводом в породу электроэнергии с помощью электродов. При всех этих способах разрушение породы происходит от механических напряжений, возникающих в породе вследствие ее теплового расширения.

Основное влияние на выбор способа разрушения оказывают свойства горных пород, прежде всего их прочность, а кроме этого структурные особенности породного массива: зернистость, слоистость, трещиноватость. При оценке возможностей использования физических способов разрушения с термическими и электромагнитными воздействиями учитывают также тепловые и упругие, электрические и магнитные свойства горных пород. Во всех случаях при выборе способа разрушения пород необходимо исходить из масштаба ведения горных работ.

При любом способе разрушения важным фактором, влияющим на эффективность протекания процесса и расход энергии на его реализацию, является расположение места концентрации вводимой в породу энергии относительно поверхностей обнажения массива, которые называют свободными поверхностями. При отбойке породы от массива свободных поверхностей может быть одна, две или три.

## **2.2 Механическое разрушение горных пород**

Наиболее распространенное механическое разрушение горных пород может производиться главным образом резанием, строганием, скалыванием статическим или динамическим (ударным) способом, а также способами, представляющими собой комбинации всех перечисленных вариантов.

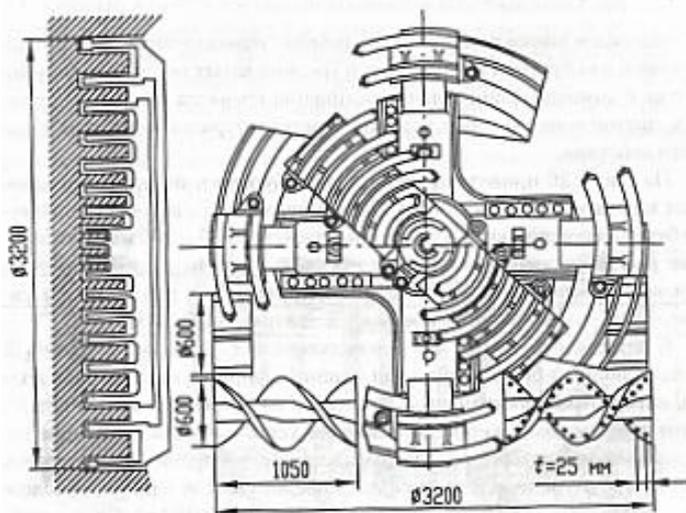
*Резание* пород осуществляется такими исполнительными органами горных машин, как шнековые органы очистных комбайнов, стреловидные органы проходческих комбайнов избирательного действия, режущие цепи врубовых машин, режущие коронки, буровой инструмент, фрезерные и роторные исполнительные органы экскаваторов некоторых типов и др.

*Строгание* пород применяется в струговых установках, как для подземных, так и для открытых работ, в некоторых конструкциях экскаваторов и т.п.

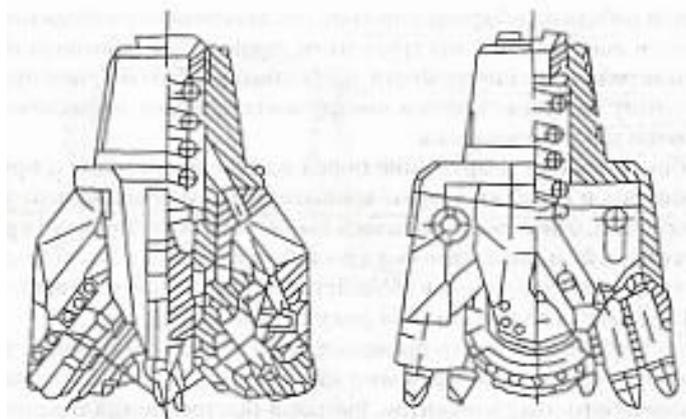
*Статическое скалывание* пород происходит в исполнительных органах, оборудованных дисковыми и шарошечными инструментами и применяемых в проходческих комбайнах для весьма крепких пород, в щитах, шарошечных буровых долотах бурильных установок на открытых разработках и др.

*Динамическое скалывание пород* применяются в исполнительных органах с буровыми коронками и инструментами машин ударного бурения шпуров и скважин, в отбойных мотках, бутобоях и др.

*Комбинированные способы* разрушения пород включают, например, одновременное резание и статическое скалывание образующихся при этом целиков проходческими комбайнами некоторых типов, ударно-режущий или режуще-ударный способ разрушения пород в скважинах в некоторых типах бурильных машин; сюда следует отнести и режуще-ударный способ, применяемый в экскаваторах, ковши которых оснащаются одновременно зубьями и ударным инструментом для скалывания, и др. (рисунок 2.1, 2.2).



**Рисунок 2.1 – Исполнительный орган проходческого комбайна ПК8 режуще-скалывающего типа**



**Рисунок 2.2 – Комбинированное режуще-шарошечное долото**

Выбор того или иного способа разрушения горных пород определяется в первую очередь их крепостью. Считается, что резание и строгание пород можно

вести при их крепости  $f < 8$  по шкале М.М. Протоdjяконова (80 МПа), что определяется прочностью и стойкостью материала режущего инструмента, нагрузками и, узлов горных машин, уровнем их вибрации и пространственной устойчивостью. Если применяется алмазный инструмент, то возможно резание пород любой крепости. При разрушении пород крепостью  $f > 8$  применяется инструмент и исполнительные органы, использующие статическое и динамическое скалывание.

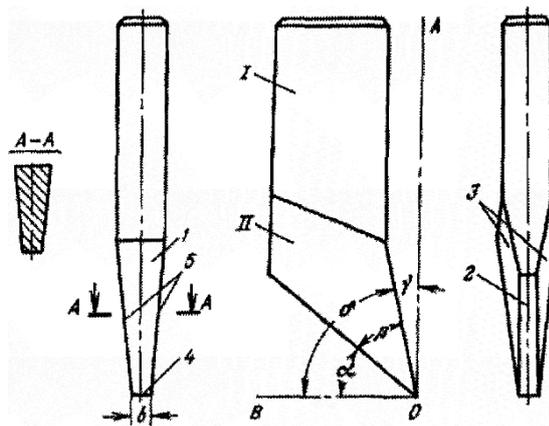
Большую роль при выборе способа механического разрушения пород играет их абразивность, приводящая к быстрому изнашиванию рабочих инструментов. В настоящее время созданы современные установившиеся типы рабочих инструментов и исполнительных органов для механического разрушения горного массива, получившие широкое распространение в горной промышленности многих стран.

### **2.2.1 Отбойка горных пород резцами**

Условия применения *резцов* для отбойки горных пород следующие:

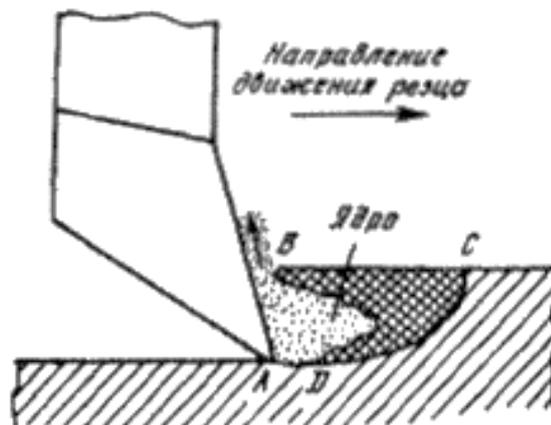
– *по физическим свойствам*: отбой углей, антрацитов, каменной соли с сопротивляемостью резанию до кН/с горных пород с коэффициентом крепости преимущественно  $f < 4$  и абразивностью до 15 мг; находят распространение резцы, обладающие параметрами, которые позволяют осуществлять резание пород в массиве с коэффициентом крепости  $f$  до 7 – 8 и абразивностью до 18 мг;

– *по решаемым технологическим задачам*: для бурения шпуров и скважин, отбойки угля с целью добычи в очистных забоях, для отбойки угля и пород в угольных шахтах и смешанных породно-угольных забоях при проведении подготовительных выработок. Отбойка резцом заключается в следующем: резец, представляющий собой клиновидный инструмент (рисунок 2.3 и 2.4), при резании создает в породе ядро уплотнения, которое, сопротивляясь сжимающей силе, расширяется в сторону второй свободной поверхности и отбивает объем породы *ABCD*. Резец отбивает породу слоями – стружками. Таким образом, разрушение резанием – это отбойка сколом при наличии двух свободных поверхностей.



1 и 2 – передняя и задняя поверхность (грань)резца соответственно; 3 – боковые грани резца; 4 и 5 – главная и боковые режущие кроки резца; I – державка резца; II – рабочая часть (головка) резца

**Рисунок 2.3 – Геометрические параметры резца**



**Рисунок 2.4 – Схема отбойки угля резцом**

При рассмотрении отбойки посредством резания применяют следующие понятия. *Плоскость резания*  $OB$  – касательная к поверхности резания, проходящая через режущую кромку резца. *Угол резания*  $\delta$  – угол между передней поверхностью резца и плоскостью резания; у радиальных резцов  $\delta = 80 - 85^\circ$ , у тангенциальных  $\delta = 65 - 80^\circ$ . *Передний угол*  $\gamma$  – это угол между передней поверхностью резца и плоскостью, проходящей через режущую кромку перпендикулярно плоскости резания. Передний угол может быть равен, меньше или больше нуля. Положительные значения  $\gamma = 5 - 13$ , отрицательные (при резании крепких углей) – до  $25^\circ$ ; если угол резания  $\delta < 90^\circ$ ,  $\gamma$  имеет положительное значение, если  $\delta > 90^\circ$ , то – отрицателен. *Угол заточки*  $\beta$  – угол между передней и задней гранями резца,  $\beta = 55 - 80^\circ$ . *Задний угол*  $\alpha$  – угол между касательной к задней грани резца и плоскостью резания.

Для изготовления резцов обычно применяют хромокремнемарганцевую сталь марки 35ХГСА. Изготовление резцов включает в себя несколько операций:

собственно изготовление, армирование твердыми сплавами, заточку, контроль и приемку. Собственно изготовление заключается в производстве заготовки резца горячей штамповкой. Затем выполняют механическую обработку резца, которая представляет собой фрезерование гнезда под пластинку твердого вольфрамокобальтового сплава. Этот сплав содержит 94 – 85 % карбида вольфрама и 6 – 15 % кобальта. Карбид вольфрама придает сплаву высокую твердость и износостойкость, но он весьма хрупок. Кобальт – ковкий и вязкий металл, хорошо смачивает зерна карбида, когда расплавлен, в результате чего при затвердевании между зернами образуется прочная связь. По структуре различают сплавы мелко-, средне- и крупнозернистые. При одинаковом химическом составе крупнозернистые сплавы имеют более высокие прочность и ударную вязкость, чем мелкозернистые, но износостойкость их ниже. Это объясняется тем, что в крупнозернистом сплаве суммарная площадь поверхности карбидных зерен меньше, чем в средне- и мелкозернистых сплавах.

На разрушении пород резцами основано вращательное бурение шпуров и скважин. При таком бурении буровой инструмент вращается вокруг оси, совпадающей с осью шпура или скважины, и одновременно подается на забой с определенным усилием, величина которого должна превышать предел прочности породы при вдавливании в нее режущего инструмента. Удаление разрушенной породы из шпура или скважины при вращательном бурении осуществляется с помощью витых штанг и шнеков.

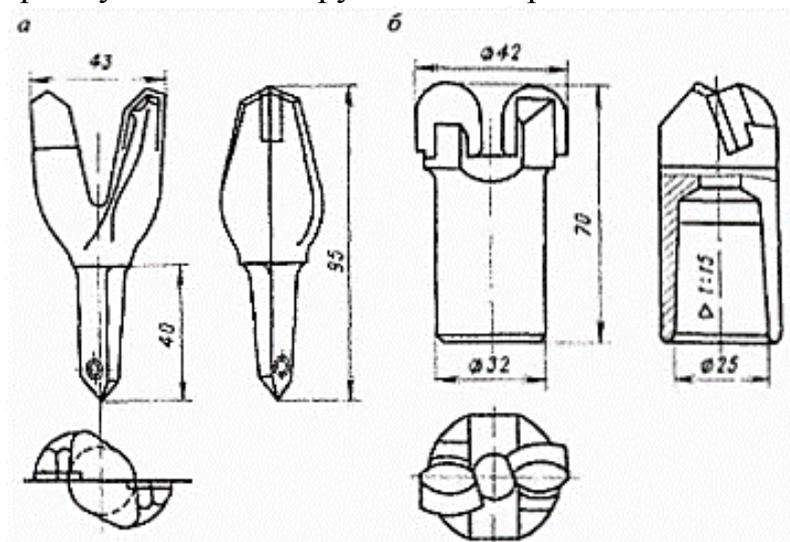
Шпуры бурят электросверлами, которые могут быть ручными и колонковыми, т.е. установленными на специальных поддерживающих колонках. По виду потребляемой энергии различают также пневматические и гидравлические сверла. Ручные сверла массой до 24 кг применяют для бурения шпуров в породах с  $f \leq 2$ . Для бурения шпуров в породах с  $f \leq 4$  используют ручные сверла с принудительной подачей на забой с помощью механизма, закрепляемого на забое выработки. Эти сверла устанавливают также на легких распорных колонках. Более тяжелые колонковые сверла с двигателями мощностью 2,5 – 5 кВт применяются для бурения шпуров в породах, имеющих  $f \leq 6$ . Эти сверла устанавливают также на буровых каретках манипуляторах.

Техническая характеристика сверл для бурения шпуров приведена в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Техническая характеристика сверл для бурения шпуров

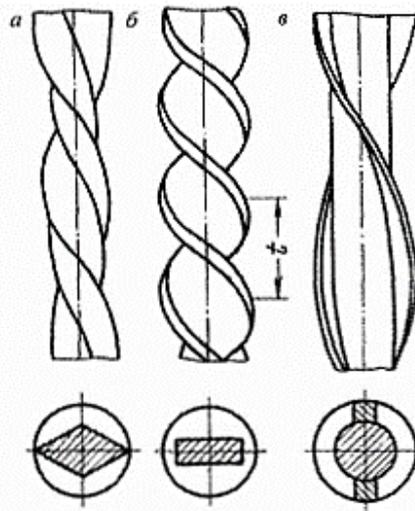
Показатели	ЭР14Д-2М	СЭР-19-2М	ЭР-18Д-2М	ЭРП-18Д-2М	СРЗ	СРЗМ	ЭБПП-1
Мощность двигателя, кВт	1	1,2	1,4	1,4	2,6	2,6	3,5
Частота вращения шпинделя, об/мин	860	600 750 960	640	300	335	335	170 315
Усилие подачи на забой, кН	–	–	–	3	–	–	14,6
Масса сверла, кг	16	16,5	17	24	13	13,2	130
Примечание: ЭР – электросверло ручное, СЭР – сверло электрическое ручное, СР – сверло ручное пневматическое, ЭБПП – электробур с гидropодачей на забой, колонковый							

В качестве породоразрушающего инструмента при бурении пород сверлами применяют угольные (рисунок 2.5, а) и породные (рисунок 2.5, б) резцы, армированные пластинками твердых сплавов ВК6, ВК8, ВК8В. Витые штанги для вращательного бурения шпуров изготавливают из сталей ромбического, прямоугольного и круглого поперечного сечения (рисунок 2.6).



а, б – угольный и породный резцы

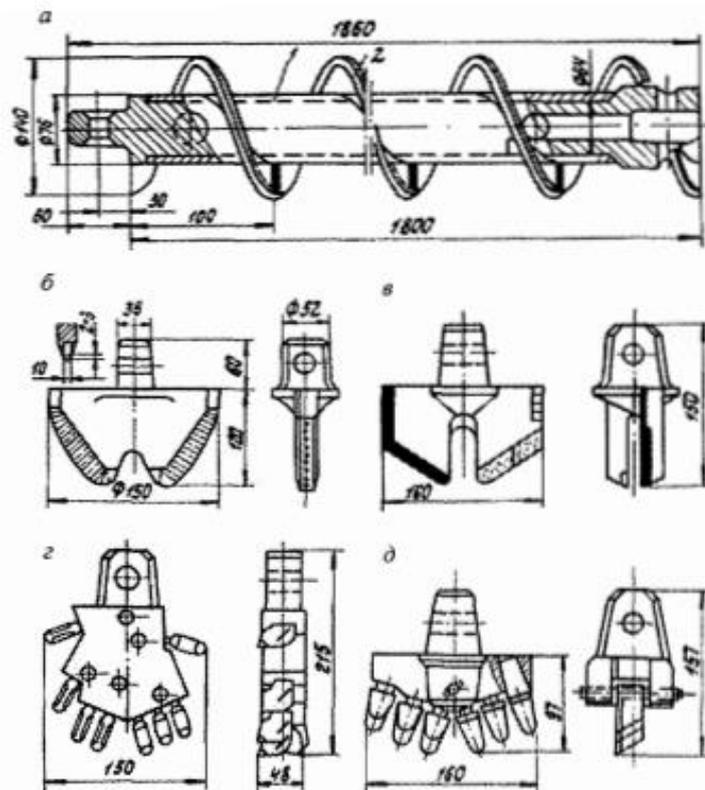
Рисунок 2.5 – Резцы для вращательного бурения шпуров



**Рисунок 2.6 – Штанги для вращательного бурения шпуров с ромбической (а), прямоугольной (б) и круглой (в) формой поперечного сечения**

Разрушение пород резцами осуществляются при бурении скважин станками вращательного (шнекового) бурения на карьерах, разрабатывающих породы  $f \leq 6$ . Для бурения наклонных и вертикальных скважин диаметром 110 – 160 мм применяют станки вращательного бурения типа СБР-12 125, относящиеся к классу легких, и тяжелые станки типа СБР-160. Производительность легких станков в породах  $f \leq 3$  составляет 40 – 120 м/смену, а тяжелых – 70 – 120 м/смену в породах с  $f = 4$ . При повышении крепости пород до  $f = 6 – 8$  производительность снижается до 10 м/смену, а износ бурового инструмента резко возрастает. Скорость резания при бурении скважин станком СБР-125 составляет до 86,4 м/мин, а станками СБР-160 – до 124 м/мин.

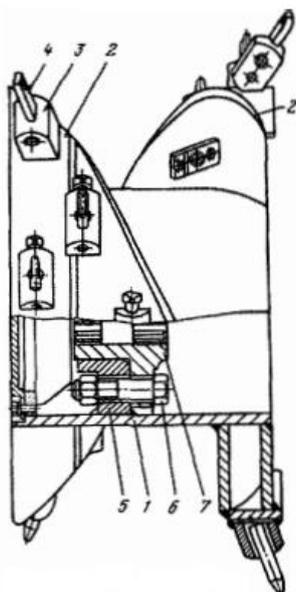
Буровой инструмент для вращательного бурения состоит из набора штанг, шнеков и резцов. Штанга (рисунок 2.7, а) представляет собой трубу с приваренной к ней спиралью из полосовой стали, армированной по наружной кромке наплавкой твердого сплава; резцы обычно имеют закругленные лезвия, армированные вставками из твердого сплава цилиндрической формы или в виде пластин (рисунок 2.7, б, в); долота со съемными резцами (рисунок 2.7, г, д) позволяют повысить скорость бурения. При увеличении крепости пород  $f$  от 2 до 8 и их абразивности проходка на один резец уменьшается от 500 до 20 м.



**Рисунок 2.7 – Буровой инструмент для вращательного бурения резанием**

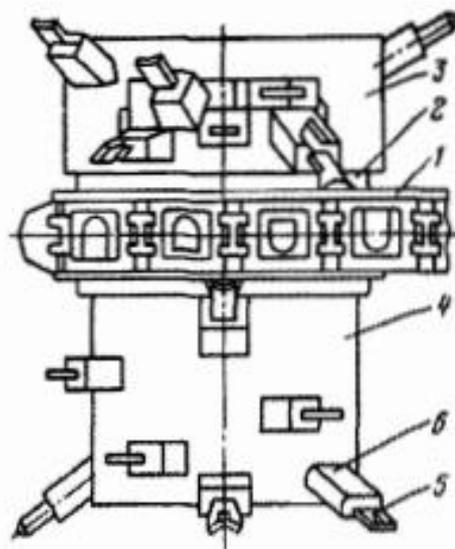
Отбойка горных пород резанием происходит при проведении подземных горных выработок комбайнами со стреловидными исполнительными органами. Коническими резцами оснащаются, практически все типы их исполнительных органов: конические и барабанные коронки, баровые, корончатые и др. Резцами оснащаются бароцепные, шнековые, буровые, струговые и другие исполнительные органы очистных комбайнов (рисунок 2.8, 2.9).

Рабочие органы современных российских и зарубежных очистных комбайнов в основном представляют собой трех-, четырехзаходные шнеки (рисунок 2.10). Шнеки в нашей стране выпускают диаметром от 1200 до 2800 мм с шириной захвата 500, 630 и 800 мм. Российские шнеки оснащаются тангенциальными резцами РГ-501, стойкость которых превосходит стойкость серийных резцов типа РКС1, РКС2.



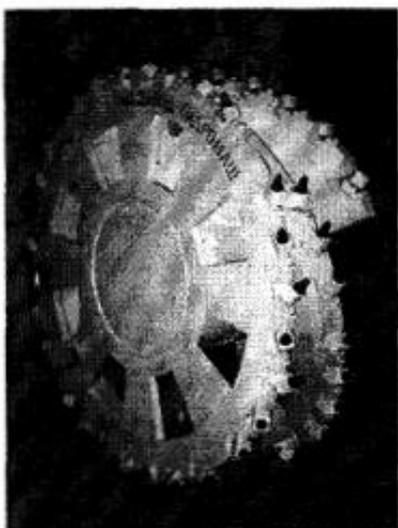
1 – труба; 2 – лопасть; 3 – кулак;  
4 – резец; 5 – диск; 6 – болт;  
7 – ступица

**Рисунок 2.8 – Резцовый  
шнековый исполнительный  
орган очистного комбайна**

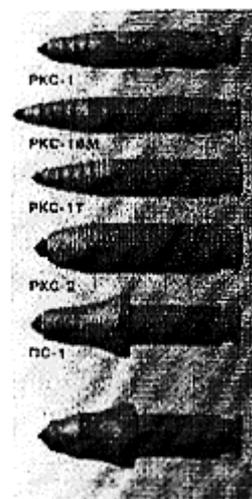


1 – бар; 2, 3 и 4 – барабаны;  
5 – резцы в кулаках 6

**Рисунок 2.9 – Резцовый  
барабанный исполнительный  
орган очистного комбайна**



**Рисунок 2.10 – Шнек  
современных очистных  
комбайнов**



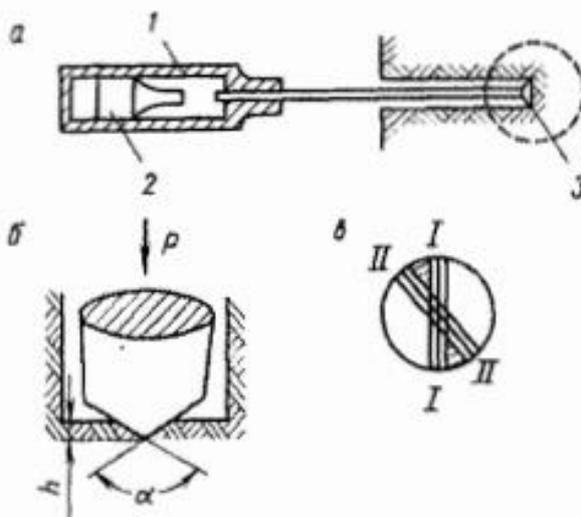
**Рисунок 2.11 – Резцы для  
проходческих и очистных  
комбайнов**

Тангенциальными резцами РГ401-12 снабжены исполнительные органы эксплуатирующихся в шахтах проходческих комбайнов 1ГПКС. Для повышения стойкости при производстве резцов для проходческих и очистных комбайнов (рисунок 2.11) вместо обычной технологии применяют технологию клиновой прокатки.

### 2.2.2 Отбойка горных пород коронками

При отбойке породы резанием инструмент непрерывно находится под усилием в контакте с породой в течение длительного времени. Этот процесс называют процессом со статическим воздействием инструмента на породу. Для отбойки резанием пород, имеющих коэффициент крепости  $f > 6$ , потребовалось бы создать на контакте инструмента (резца) с породой огромные усилия, которые возможны лишь при наличии крупногабаритных машин, при этом прочность деталей и узлов машины может оказаться меньше прочности породы.

Для отбойки крепких ( $f > 6$ ) пород применяется динамическое воздействие, при котором по породе наносят удар специальным инструментом – коронкой, долотом, представляющим собой клин или ряд штырей. При ударе, продолжительность которого составляет около  $10^{-3}$  с, в породу передается определенное количество энергии, в результате чего под инструментом образуется ядро уплотнения, которое, расширяясь в направлении, перпендикулярном к вектору скорости коронки, производит разрушение породы. При этом в ударной машине статические нагрузки невелики; они необходимы лишь для прижатия коронки к породе. Поэтому ударные машины являются высокопроизводительными и имеют сравнительно небольшую массу. При динамическом действии инструмент совершает возвратно-поступательное движение для передачи импульсов энергии породе в направлении, перпендикулярном к обрабатываемой поверхности, а также вращательное или поворотное циклическое движение вокруг своей оси для последовательного разрушения породы по всей площади забоя (рисунок 2.12).



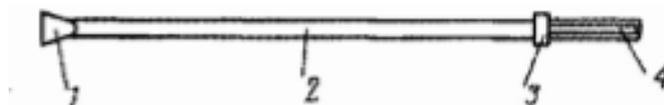
а – схема устройства пневматического бурильного молотка: 1 – бурильная машина; 2 – поршень-боек; 3 – буровая коронка; б – схема работы бура:  $h$  – глубина разреза породы за один удар;  $\alpha$  – угол заострения коронки; в – I, II – последовательность ударов коронки по породе

**Рисунок 2.12 – Схема ударно-поворотного бурения шпура**

Динамическое разрушение с непрерывным вращением инструмента называют *ударно-вращательным*, а с поворотом инструмента на определенный угол после каждого удара – *ударно-поворотным*. Различают также вращательно-ударное разрушение, при котором порода разрушается не только от удара, но и от вращения инструмента.

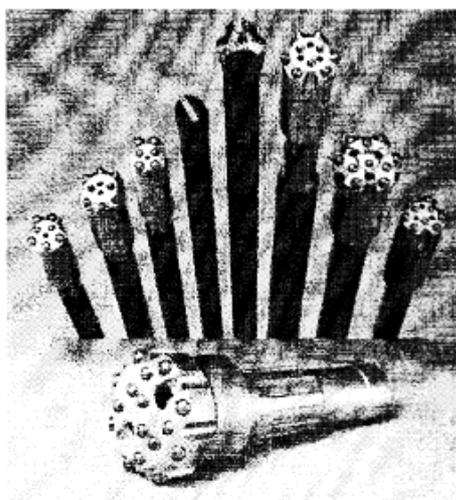
Отбойка породы ударом реализуется с помощью бурильных машин, называемых перфораторами, которые предназначены для бурения шпуров; буровыми установками и буровыми станками, которые служат для бурения в основном скважин. Перфораторы называют также бурильными молотками.

Для бурения шпуров применяют буровой инструмент в виде цельного бура (рисунок 2.13) или состоящий из буровой штанги и коронки (рисунок 2.14). Соединение коронки со штангой – конусное под углом  $3^{\circ}30'$  или резьбовое упорного или веревочного профиля.



1 – долото; 2 – штанга; 3 – буртик; 4 – хвостовик

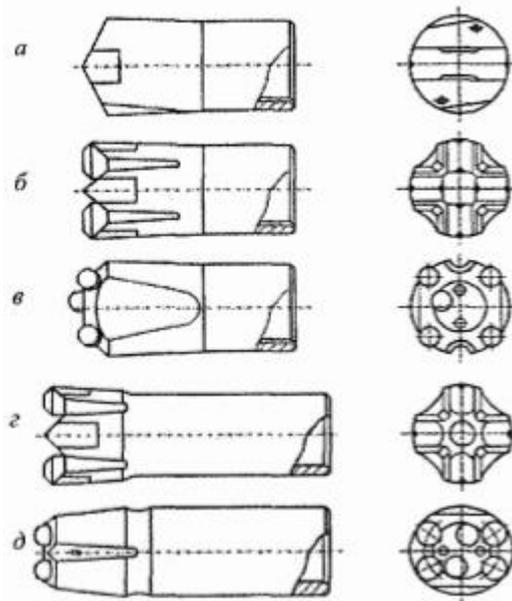
**Рисунок 2.13 – Схема цельного бура**



**Рисунок 2.14 – Буровые штанги с коронками**

Штанги изготавливают из углеродистой инструментальной стали марок У7А, У8, У9, У10 и из высококачественных сталей марок 30ХГСА, 35ХГСА. Буровая коронка состоит из корпуса, выполненного из стали марки У7А или У8А, и твердосплавных пластинок или штырей. Для промывки забоя от продуктов разрушения в штангах имеется внутренний осевой канал диаметром 6-7 мм; коронки для промывки забоя имеют один или два канала. Для бурения в породах с коэффициентом крепости  $f = 6 - 10$  целесообразно применять коронки, армированные твердыми сплавами ВК6, ВК6В, в породах с  $f = 10 - 12$  коронки со

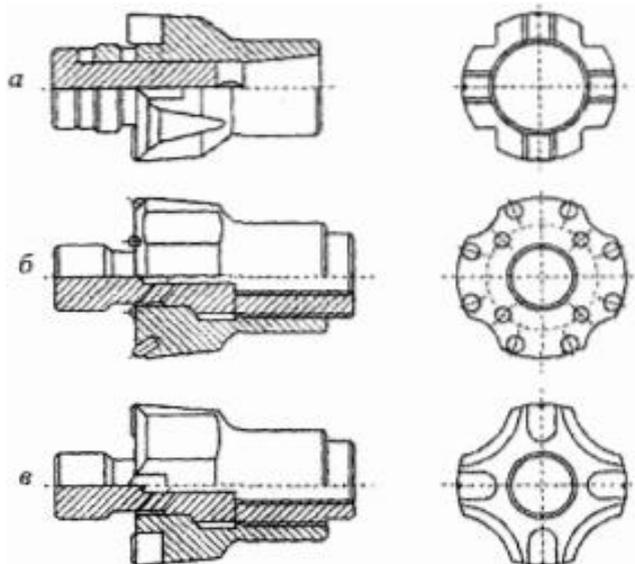
сплавами ВК8, ВК8В, при  $f > 12$  – ВК15. Для бурения шпуров и скважин применяют коронки долотчатые, крестовые и штыревые (рисунок 2.15).



а – долотчатые типа БКПМ, БКПМ-Ф; б – крестовые типа БКПМ-КМ с конусным соединением; в – штыревые типа БКПМ-Ш с конусным соединением; г – крестовые с резьбовым соединением; д – штыревые с резьбовым соединением

**Рисунок 2.15 – Виды коронок для перфораторов**

Долотчатые пластинчатые коронки применяют для бурения вязких монолитных горных пород, крестовые пластинчатые – для бурения вязких трещиноватых и абразивных пород, а штыревые для бурения хрупких монолитных, трещиноватых и абразивных пород. Широко применяют штыревые и долотчатые коронки-расширители шпуров и скважин (рисунок 2.16).

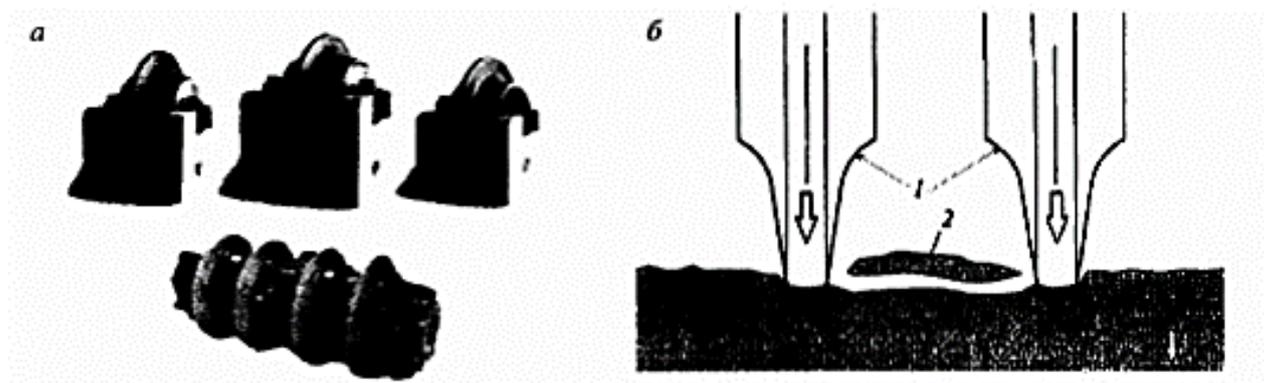


а – крестовые с конусным соединением; б – штыревые с резьбовым соединением; в – крестовые с резьбовым соединением

**Рисунок 2.16 – Виды коронок-расширителей**

### 2.2.3 Отбойка горных пород шарошками

*Шарошка* – это породоразрушающий инструмент, имеющий свою ось вращения, перекатывающийся по породе под большим усилием и разрушающий ее. Разрушающими элементами шарошек являются зубья, штыри или непрерывный клиновидный обод. Соответственно, шарошки называют зубчатыми, штыревыми и дисковыми. *Дисковые шарошки* различают с двусторонним клиновидным ободом (рисунок 2.17, а), их называют лобовыми, или лобового Действия, и с односторонним заострением обода – они носят название тангенциальных. Тангенциальными шарошками отбойку породы осуществляют сколом (рисунок 2.18). При дисковых шарошках лобового действия отбойка породы происходит в результате выкола под прокатывающимся инструментом. Для повышения производительности и снижения расхода энергии предусматривается на исполнительном органе комбайна схема расположения шарошек, обеспечивающая их совместное воздействие на породу, при этом осуществляется разрушение сколом участков между канавками выкола (рисунок 2.17, б). Дисковыми шарошками оснащаются исполнительные органы комбайнов, предназначенных для проведения подземных горных выработок в крепких горных породах ( $f > 6$ ).

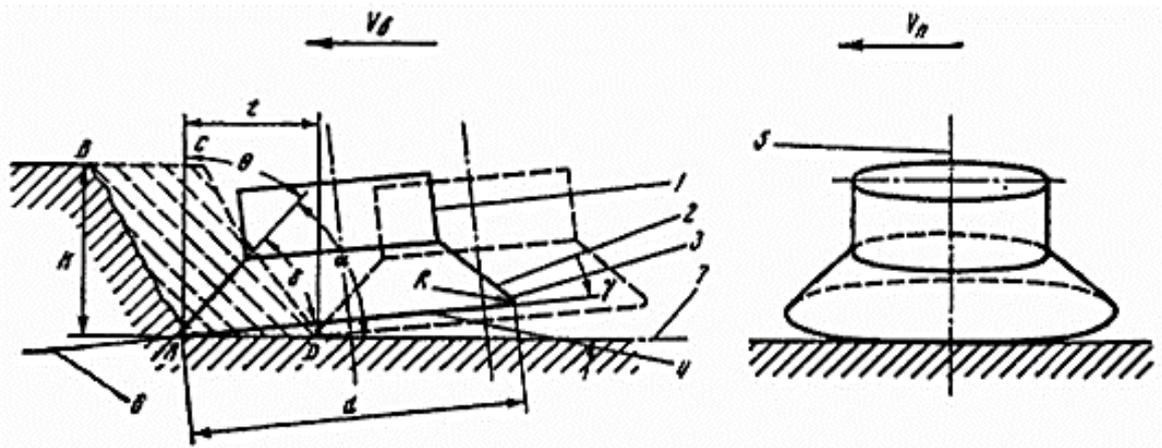


1 – дисковые шарошки; 2 – кусок породы, отбитый дисковыми шарошками

**Рисунок 2.17 – Дисковые шарошки лобового действия (а)**

**и схема отбойки ими породы (б)**

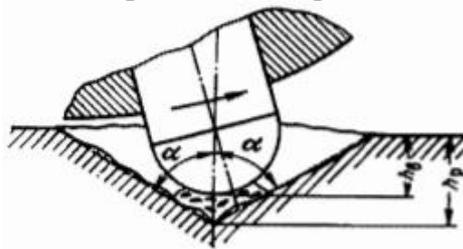
*Зубчатые и штыревые шарошки* применяют преимущественно для бурения скважин. Штыри для шарошек изготавливают из твердых сплавов, что позволяет создавать на них большие нагрузки и соответственно разрушать породы высокой прочности.



1 – корпус шарошки; 2 – боковая поверхность шарошки; 3 – рабочая кромка шарошки; 4 – торцевая поверхность шарошки; 5 – ось вращения шарошки; 6 – нормальная секущая плоскость; 7 – плоскость разрушения;  
 $v_b$  – скорость боковой подачи шарошки;  $v_R$  – скорость перекатывания шарошки;  
 $d$  – диаметр шарошки;  $R$  – радиус закругления рабочей кромки шарошки;  $t$  – шаг заострения шарошки;  $\theta$  – передний угол;  $\gamma$  – задний угол

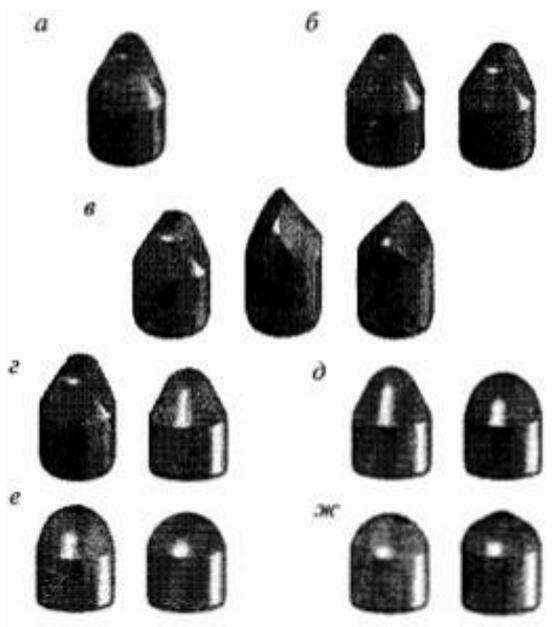
**Рисунок 2.18 – Схема отбойки породы дисковой шарошкой тангенциального действия**

Отбойка породы штыревыми шарошками происходит вследствие образования лунок выкола на поверхности массива от каждого единичного акта внедрения штыря на некоторую глубину (рисунок 2.19). При совместном воздействии на породу предыдущих и последующих штырей, что предусмотрено конструкцией шарошки, ее геометрическими параметрами, происходит отбойка сколом участков между лунками выкола, дающая повышение производительности и снижение расхода энергии.



**Рисунок 2.19 – Схема образования лунки выкола**

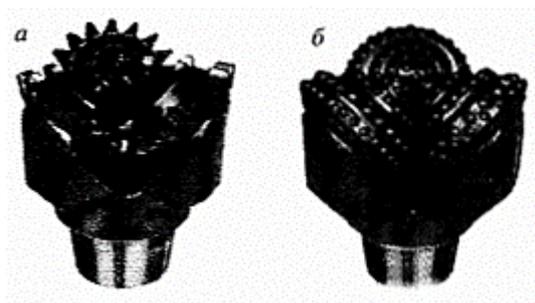
Для учета конкретных горно-геологических условий твердосплавные штыри для шарошечных долот применяют различной формы (рисунок 2.20): клиновидные, сфероконические, биконические и сферические.



а – для мягких абразивных пород; б – для мягких абразивных с пропластками средних пород; в – для средних абразивных пород; г – для твердых абразивных пород; д – для твердых абразивных с пропластками крепких пород; е – для крепких пород; ж – для очень крепких пород

### 2.20 – Твердосплавные штыри для шарошек

Отбойка породы штыревыми шарошками реализуется при бурении скважин станками шарошечного бурения. Буровым инструментом таких станков являются шарошечные Долота, которые представляют собой конструкцию, сваренную в основном из трех лап, на их консольных осях в подшипниках качения или скольжения вращаются шарошки. На поверхности шарошек имеется несколько рядов (венцов) породоразрушающих элементов – зубцов или штырей (рисунок 2.21).



**Рисунок 2.21 – Долото с фрезерованным (а) и твердосплавным (б) вооружением**

Долота с зубчатыми шарошками называют долотами с фрезерованным вооружением, а долота со штыревыми шарошками называют долотами с твердосплавным вооружением. При вращении долота под большим осевым усилием зубья или штыри шарошки разрушают породу, перекатываясь по забою.

Зубья фрезерованных долот армируют путем наплавления на их боковые поверхности и торцы твердых сплавов.

#### 2.2.4 Разрушение горных пород отбойными молотками

*Отбойный молоток* – пневматическая ручная машина ударного действия, предназначенная для отбойки угля и других полезных ископаемых невысокой прочности, для образования лунок при установке крепи в выработках, устройства водосборных канавок. Конструктивно отбойные молотки в целом аналогичны перфораторам, от которых отличаются отсутствием механизма поворота рабочего инструмента, а вместо бура используется пика (рисунок 2.22).



**Рисунок 2.22 – Пневматический отбойный молоток МО-4А**

Пика удерживается в отверстии корпуса пружиной. Номинальное давление сжатого воздуха 0,5 МПа. Отбойка осуществляется на вторую свободную поверхность, энергия удара от 30 до 45 Дж. В зависимости от типа молотка частота ударов в минуту изменяется от 1200 до 1600. Расход воздуха 1,25 м<sup>3</sup>/мин, масса 8-10 кг. В таблице 2.1 приведена техническая характеристика пневматических отбойных молотков, выпускаемых Томским электромеханическим заводом.

**Таблица 2.1 – Техническая характеристика пневматических отбойных молотков**

Показатели	Отбойный молоток			
	МО-1А	МО-2А	МО-3А	МО-4А
Энергия удара, Дж, не менее	31	39	44	55
Частота ударов, с <sup>-1</sup> , не менее	27,5	22,5	19,2	17,0
Масса. Кг, не более	8,0	8,5	9,0	9,6
Длина, мм, не более	540	565	600	660
Размеры хвостовика инструмента ( $d \times l$ ), мм	24 × 70	24 × 70	24 × 70	24 × 70

## 2.3. Разрушение горных пород посредством взрывания зарядов ВВ

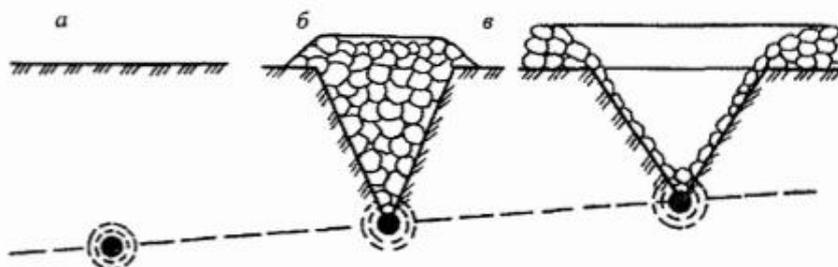
### 2.3.1. Способы взрывной отбойки горных пород

Под действием внешнего импульса нагревания, трения, удара, искрового разряда взрывчатые вещества (ВВ) детонируют. Под детонацией понимается процесс химического превращения ВВ, сопровождающийся освобождением энергии и распространяющийся по веществу в виде волны со скоростью, которая превышает скорость звука в данном веществе. В процессе детонации ВВ происходит выделение тепла и газов, способных производить разрушение и перемещение окружающей среды.

*Взрыв* – чрезвычайно быстрое изменение состояния вещества, сопровождающееся таким же быстрым превращением его потенциальной энергии в механическую работу. Внешний признак взрыва – звуковой эффект и разрушение. Взрывы могут быть физические (взрыв парового котла, беспламенное взрывание и т.п.), химические (взрывы зарядов ВВ, горение пороха, горение пиротехнических составов) и ядерные (атомный взрыв, основанный на делении ядер вещества, термоядерный взрыв на основе синтеза ядер). При ведении горных работ используют, главным образом, химические взрывы различных ВВ.

Горные работы, выполняемые с помощью взрывания зарядов взрывчатого вещества, называются *взрывными работами*. Главной особенностью взрывных работ является их повышенная опасность, связанная с применением чувствительных к внешним воздействиям ВВ и особенно средств инициирования (СИ) взрывов.

Взрывные работы производят с целью рыхления горных пород в массиве, отделения части горных пород от массива, дробления или перемещения горных пород на некоторое расстояние (рисунок 2.23).



а – заряд камуфлета; б – заряд рыхления; в – заряд выброса

**Рисунок 2.23 – Схемы действия взрыва зарядов**

В угольных шахтах взрывные работы ведут с применением сравнительно небольших, в несколько сот граммов зарядов ВВ; при подземной разработке рудных месторождений с крепкими горными породами масса заряда может достигать нескольких десятков и сотен килограммов; на карьерах при

производстве массовых взрывов масса зарядов ВВ может составлять несколько сотен тонн и более.

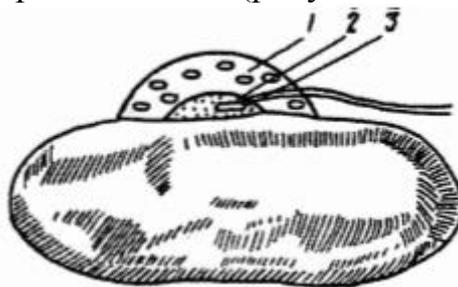
*Зарядом* называется определенное количество ВВ, подготовленного к взрыву. По способу размещения во взрываемом массиве различают заряды наружные, т.е. накладные, и внутренние. Различают следующие *внутренние заряды*:

– по форме – сосредоточенные, к которым относятся имеющие соотношение между наибольшей и наименьшей сторонами менее четырех, например в виде шара, куба и т.п., и удлинённые;

– по конструкции – удлинённые, которые могут быть сплошными и рассредоточенными, т.е. разделёнными на отдельные части, промежутки между которыми заполняются разрушенной породой, воздухом или водой;

– по результату действия на массив – камуфлетные, образующие внутренние полости без разрушения которых происходит отделение горной породы от массива и ее разрушение; заряды рыхления, вызывающее дробление и вспучивание массива образования видимой воронки выброса; заряды выброса, вызывающие дробление и выброс раздробленной породы за пределы воронки взрыва.

*Наружными зарядами* называют заряды ВВ, размещаемые на поверхности разрушаемого объекта. Это простейший метод производства взрывных работ, при котором на поверхность разрушаемого куска горной породы насыпают порошкообразное ВВ и сверху присыпают его каким-либо инертным материалом; в случае размещения заряда на наклонной поверхности куска породы применяют патронированные ВВ (рисунок 2.24).



- 1 – забоечный материал; 2 – наружный (накладной) заряд;  
3 – зажигательная трубка

**Рисунок 2.24 – Схема расположения наружного заряда**

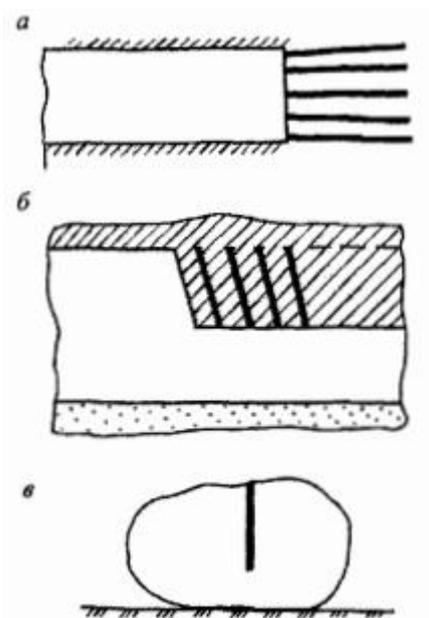
Взрывание наружными зарядами производится для дробления некондиционных, т.е. негабаритных кусков горной породы. Опасная зона при взрывании наружных зарядов на карьерах составляет не менее 300 м. Разрушение горных пород наружными зарядами происходит под действием только ударных волн, образующихся при взрыве.

При увеличении средних размеров кусков породы удельный расход ВВ может также увеличиваться до 3 кг/м<sup>3</sup>. Повышение эффективности этого способа достигается применением кумулятивных зарядов.

*Внутренние заряды ВВ* размещают в шпурах, скважинах и камерах. В зависимости от места размещения зарядов ВВ различают следующие способы взрывной отбойки горных пород: шпуровой, скважинный, камерный и котловой.

а – при проведении подземных горных выработок; б – при отбойке руд для подземной очистной выемки; в – при вторичном дроблении куска породы

*Шпуровой способ* взрывной отбойки применяется при проведении подземных горных выработок (рисунок 2.25, а), при подземной очистной выемке руд (рисунок 2.25, б) и для вторичного дробления некондиционных кусков (рисунок 2.25, в).



**Рисунок 2.25 – Схемы расположения шпуровых зарядов**

Заряды ВВ в шпурах могут быть удлиненными сплошными, удлиненными рассредоточенными и сосредоточенными — цилиндрическими и котловыми. Наиболее часто применяемый *сплошной заряд* (рисунок 2.26, а) состоит из отдельных патронов ВВ, размещаемых в шпуре вплотную друг к другу. Первым от устья шпура помещают патрон-боевик 1, т.е. патрон, снабженный капсюлем; взрывная волна распространяется от патрона-боевика вдоль всего заряда ВВ, что приводит к взрыву его остальной части.

*Рассредоточенный заряд* (рисунок 2.26, б) состоит из нескольких групп патронов ВВ, каждую из которых снабжают патроном-боевиком; патроны 1 отделены друг от друга инертным материалом 2.

Котловые заряды (рисунок 2.26, в) отличаются возможностью размещения в одном шпуре большего количества ВВ; котловая полость для котлового заряда 1 образуется в шпуре взрыванием в нем заряда малой величины (камуфлетное взрывание) или термическим способом.

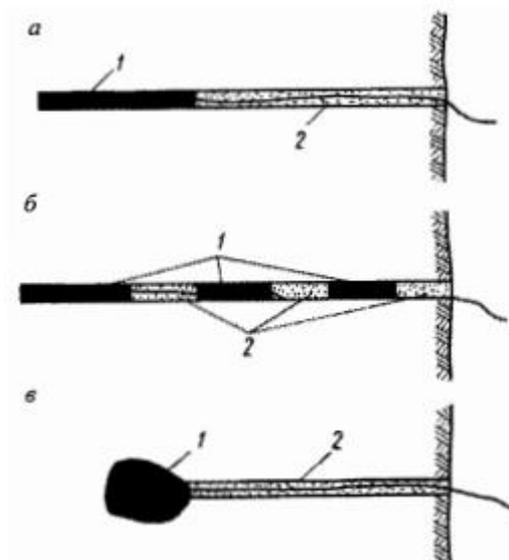


Рисунок 2.26 – Конструкции шпуровых зарядов

Величина заряда ВВ определяется в зависимости от свойств пород, работоспособности ВВ, конструкции заряда и числа свободных поверхностей. Сначала определяют ориентировочный удельный расход ВВ по формуле Н.М. Покровского:

$$q = q_1 f_1 K \acute{e},$$

где  $q_1$  – нормальный расход эталонного ВВ, кг/м<sup>3</sup>;

$f_1$  – коэффициент структуры породы, для вязких, упругих и пористых пород  $f_1 = 2,0$ , для дислоцированных, с неправильным залеганием и мелкой трещиноватостью  $f_1 = 1,4$ , для сланцеватых с изменяющейся крепостью и напластованием, перпендикулярным к направлению шпура,  $f_1 = 1,3$ , для массивно-хрупких  $f_1 = 1,1$ , для мелкопористых и неплотных  $f_1 = 0,8$ ;

$K$  – коэффициент зажима породы, учитывающий длину комплекта шпуров  $l_{\text{шп}}$  и площадь поперечного сечения выработки в проходке  $S$ ,  $K = 3l_{\text{шп}}/\sqrt{S}$ ;

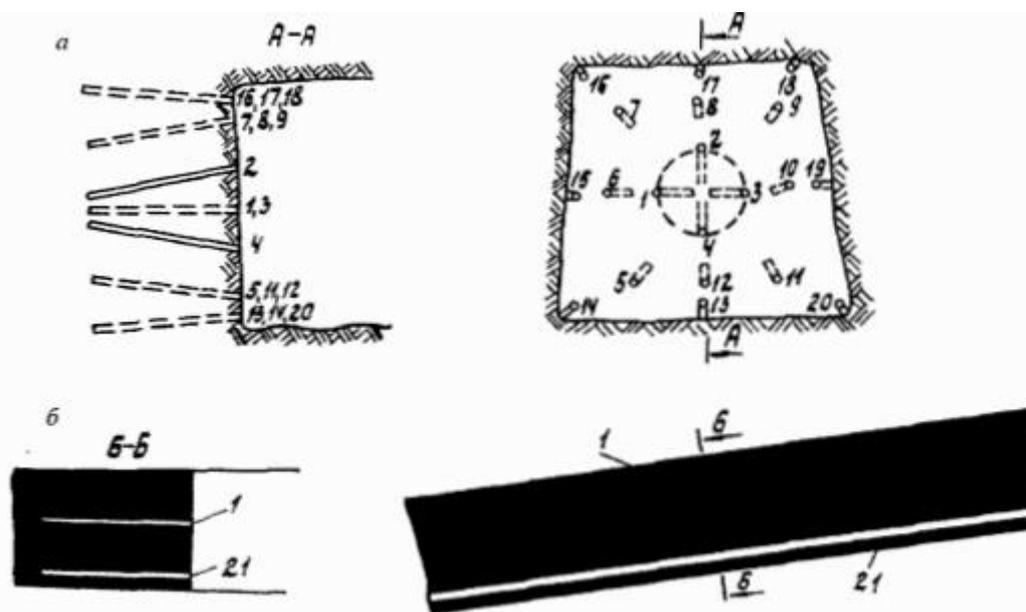
$\acute{e}$  – коэффициент работоспособности ВВ.

Эффективность отбойки шпуровыми зарядами повышается при увеличении числа свободных поверхностей, ограничивающих взрываемую часть массива пород. В забоях подземных горных выработок такие поверхности образуют путем первоочередного взрывания шпуров, пробуриваемых в средней части забоя (рисунок 2.27, а). В результате этого образуется выемка в виде усеченного конуса, называемая врубом. Шпуры 1 – 4, пробуренные для образования вруба, называют врубовыми, шпуры 5 – 12 служат для отбойки

основного объема породы, их называют отбойными, а шпуров 13 – 20 – оконтуривающими.

В очистных забоях при взрывной отбойке угля дополнительная свободная поверхность образуется посредством создания врубовой щели (рисунок 2.27, б).

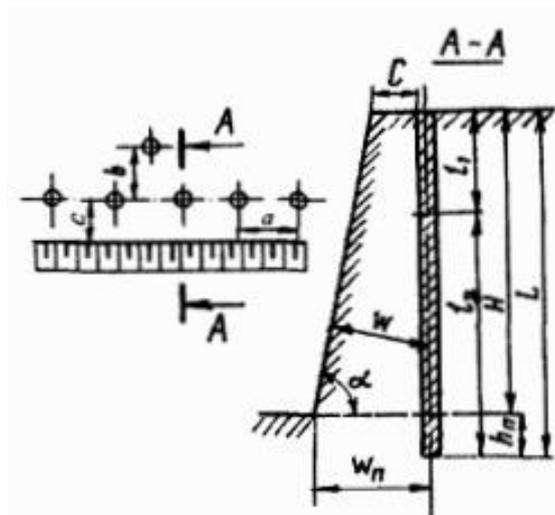
*Отбойка скважинными зарядами* применяется при добыче полезных ископаемых открытым и подземным способами, для обрушения горных пород, находящихся в кровле отработанных камерных выработок, выемки целиков и проходки восстающих выработок; для создания траншей и котлованов в гидротехническом и транспортном строительстве. Так же как и шпуровые заряды, заряд в скважине может быть *сплошным, рассредоточенным и котловым*.



1 – 20 – шпуров; 21 – вруб

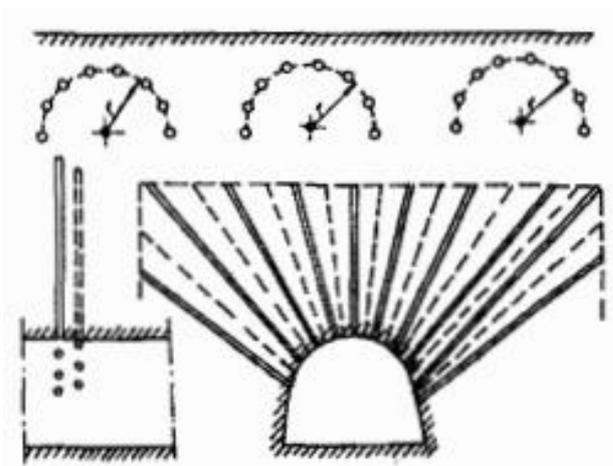
**Рисунок 2.27 – Схемы создания дополнительных свободных поверхностей в подготовительных (а) и в очистных (б) забоях**

При разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом скважины на уступе бурят обычно вертикально, реже — наклонно в один или несколько рядов. Так как у подошвы уступа сопротивление пород разрушению при взрыве заряда ВВ особенно велико, в плотных породах глубину скважины принимают несколько больше высоты уступа; часть скважины, пробуренной ниже подошвы уступа, называют *перебуром*. При отбойке пород взрывом зарядов ВВ на уступе карьера различают следующие понятия (термины) (рисунок 2.28).

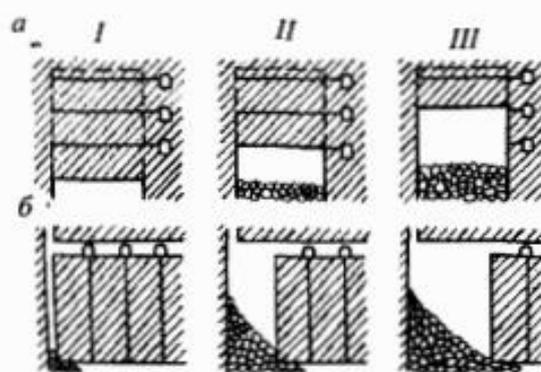


**Рисунок 2.28 – Схема расположения скважинного заряда на уступе карьера**

При подземной разработке мощных и средней мощности залежей руд широко применяют отбойку пород посредством взрывания скважинных зарядов ВВ с веерным (рисунок 2.29) и параллельным (рисунок 2.30) расположением скважин.



**Рисунок 2.29 – Схема веерного расположения взрывных скважин**



I, II, III – стадии отбойки руды горизонтальными (а) и вертикальными (б) слоями

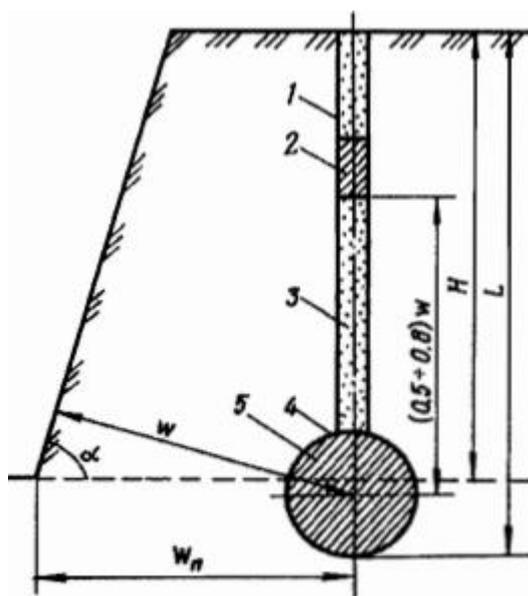
**Рисунок 2.30 – Схема параллельного расположения взрывных скважин**

*Параллельные скважины* обеспечивают высокое качество дробления отбитой горной массы и хорошее оконтуривание массива, но применяются редко из-за большой трудоемкости буровых работ вследствие частых перестановок буровых станков.

*Веерное расположение скважин* применяют в вертикальных, крутонаклонных или горизонтальных плоскостях. Этот способ отбойки характеризуется более высоким удельным расходом ВВ и большим выходом негабаритных кусков породы, однако затраты на подготовку участка (блока)

месторождения к выемке и вспомогательные операции значительно ниже, чем при бурении параллельных скважин. По направлению действия взрыва в пространстве различают отбойку руды горизонтальными, вертикальными и наклонными слоями (рисунок 2.30).

*Отбойка котловыми зарядами* применяется при больших сопротивлениях по подошве уступа, наличии трудновзрываемых пород в нижней части уступа и при необходимости обрушения высоких вскрышных уступов скальных пород. Котловой заряд ВВ размещается в расширенной концевой части шпура или скважины, образованной в процессе бурения или после бурения скважины путем последовательных взрывов небольших зарядов ВВ (рисунок 2.31).



1 – скважина; 2 – дополнительный заряд; 3 – забойка; 4 – котловое расширение;  
5 – основной заряд

**Рисунок 2.31 – Схема расположения котлового заряда на уступе**

### 2.3.2. Взрывчатые вещества и средства взрывания

#### Взрывчатые вещества

Энергия при взрыве ВВ выделяется в результате химической реакции окисления водорода в воду и углерода в оксид (CO) и диоксид (CO<sub>2</sub>) углерода. За счет этого достигается высокая концентрация энергии в единице объема ВВ.

В зависимости от скорости детонации, т.е. скорости химической реакции, ВВ могут по-разному воздействовать на окружающую среду. Различают бризантные ВВ с высокой скоростью детонации (2000 – 7000 м/с), производящие дробящее действие, и метательные порох (скорость взрывного горения до 2000 м/с).

По физическому состоянию различают следующие разновидности промышленных ВВ: порошкообразные, прессованные, литые, гранулированные

(чешуйчатые), водосодержащие (льющиеся или текучие в холодном или горячем состоянии).

Компоненты гранулированных ВВ имеют размер гранул или чешуек 1 – 3 мм. Водосодержащие ВВ за счет добавки водного раствора селитры с загустителем имеют слаботекучую медообразную консистенцию, допускающую их транспортирование по шлангам. Горячельющиеся ВВ в горячем состоянии имеют легкоподвижную консистенцию, но твердеют при нормальной температуре.

При ведении горных работ применяют *индивидуальные*, т.е. однокомпонентные, и *смесевые* ВВ. Индивидуальные ВВ содержат все элементы, необходимые для нормального протекания химической реакции взрыва. В состав смесевых входит ряд компонентов, каждый из которых выполняет самостоятельную задачу: окислителя, горючих добавок, пламегасителей и т.п.

К индивидуальным ВВ относятся химически однородные вещества: тротил, нитроглицерин, тэн, гексоген и др. К смесевым ВВ – аммиачноселитренные – аммониты, динафталиты, граммониты, акваниты, игданиты, ифзаниты, а также нитроглицериновые — динамиты, оксиликвиты и др.

*Нитроглицерин*  $C_3H_5(ONO_2)_3$  – бесцветная прозрачная маслянистая жидкость без запаха, летучая, переходящая в твердое состояние при температуре 13 °С, очень чувствительная к механическим и тепловым воздействиям, теплота взрыва 6,3 МДж/кг. Используется в основном в качестве компоненты смесевых ВВ.

*Тротил (тол)* – кристаллический порошок светло-желтого цвета, нерастворимый в воде, теплота взрыва 4,2 МДж/кг, хорошо детонирует, используется в качестве компоненты промышленных ВВ. Гранулированный тротил (гранулотол) используют как самостоятельное ВВ и для изготовления граммонита, ифзанита и других ВВ. Может выпускаться в порошкообразной, гранулированной, чешуйчатой, прессованной и литой формах.

*Аммиачная селитра*  $NH_4NO_3$  (нитрат аммония) в сухом состоянии представляет собой сыпучий кристаллический порошок белого цвета, отрицательные свойства которого гигроскопичность и слеживаемость, он является наиболее распространенным окислителем в промышленных ВВ, как самостоятельное ВВ практически не используется.

#### *Аммиачно-селитренные промышленные ВВ*

*Аммониты* порошкообразные смеси аммиачной селитры с тротилом, невзрывчатыми горючими добавками, улучшающими структуру ВВ; химически стойкое, но гигроскопичное. Для защиты ВВ от увлажнения оболочку патронов и упаковку покрывают сплавом парафина с петролактумом. Скорость детонации

аммонитов составляет от 2400 до 5100 м/с. Аммониты выпускают в патронах различного диаметра или мешках по 40 кг, отдельные сорта – в виде прессованных патронов диаметром 60 – 90 мм. Основное достоинство аммонитов – сравнительная безопасность в обращении; недостатки – гигроскопичность и сравнительно малая работоспособность, резко падающая при повышении влажности ВВ и их слеживаемости. Наиболее распространенным является аммонит бЖВ.

*Граммониты* – смеси гранулированной аммиачной селитры и тротила, обладают хорошей сыпучестью, почти не слеживаются, пригодны для механизированного заряжания, по сравнению с аммонитами имеют меньшую чувствительность к механическому воздействию, пламени и начальному импульсу. Граммониты выпускают только для открытых работ – 50/50, 30/70 и для подземных и открытых работ – 79/21. По составу и структуре граммонит 30/70 смесь гранул селитры с гранулотолом, а 79/21 – смесь гранул селитры с наплавленным на них тротилом.

*Игданиты* – смеси гранулированной аммиачной селитры и жидкой горючей добавки, предназначены для использования в сухих забоях, безопасны в обращении, удобны для механизированного заряжания, самое дешевое ВВ. К недостаткам игданитов относятся невозможность применения в обводненных скважинах, частичная потеря взрывчатых свойств при длительном зарядании из-за стекания жидкой компоненты в нижнюю часть заряда, низкое качество дробления крепких крупноблочных пород.

*Ифзаниты* – смеси гранулированной аммиачной селитры и гранулотола (твердые компоненты) с насыщенным раствором аммиачной селитры (жидкая фаза), при охлаждении в скважине эти смеси затвердевают, теплота взрыва 2,9 – 4,6 МДж/кг, к ним относятся Т-60, Т-80, изготавливают на месте использования.

В последние годы наблюдается переход горных предприятий к использованию более дешевых, чем заводские ВВ, которые изготавливают непосредственно вблизи мест их применения на стационарных пунктах или в специальных транспортных смесительно-зарядных машинах (ТСЗМ). Результаты использования этих ВВ на горных предприятиях свидетельствуют о том, что стоимость местных ВВ в 1,5 – 2,0 и более раз ниже стоимости заводских ВВ, уменьшается в пять и более раз объем перевозок на склады ВВ горных предприятий взрывоопасных грузов, упрощается и удешевляется обустройство приемных железнодорожных перегрузочных площадок для взрывоопасных грузов.

*Водонаполненные ВВ* – состояние заряда, при котором водоустойчивое гранулированное или кусковое ВВ (гранулотол, алюмотол, тротил У, гранипор, диабазит и др.) заряжено в обводненную скважину, и высота столба воды в ней

равна или выше высоты заряда. В данном случае в промежутках между кусочками ВВ находится вода.

*Водосодержащие ВВ* – эта группа ВВ имеет в своем составе раствор селитр в их различных физических состояниях. Водосодержащим принято также считать скважинный заряд граммонита 79/21, который нижней частью или полностью заряжен в воду. Селитра частично растворяется в воде, и такой растворонасыщенный граммонит устойчиво детонирует от стандартного промежуточного детонатора. Для сохранения концентрации раствора селитры заряд помещают в полиэтиленовый рукав. Остальные водосодержащие ВВ этой группы в России называют акваатолами, а в зарубежной литературе – сларри.

К этой группе относятся следующие ВВ.

*Ифзаниты* – водосодержащие ВВ, представляющие собой смесь гранулированных аммиачной селитры и тротила с заполненным межгранульным пространством, насыщенным загущенным водным раствором селитры с температурой 20<sup>0</sup>, 60<sup>0</sup> и 80 °с, с добавками структурирующих компонентов.

*Карбатолы* – водосодержащие горячельющиеся ВВ, изготавливаемые из низкотемпературного эвтектического расплава аммиачной селитры и карбамида с добавками гранулоатола, алюминия и 3 – 5 % воды. Смесь при охлаждении быстро твердеет.

*Акваатолаы* – горячельющиеся ВВ типа ГЛТ-20, приготовленные из горячего загущенного полиакриламидом, натриевой солью карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ) или другим загустителем раствора аммиачной селитры путем добавления в него 20 % тротила. После остывания ГЛТ-20 затвердевает. Температура раствора в процессе приготовления ВВ – 80 °с летом и 110 °с зимой. Разработаны акваатолаы с содержанием тротила от 10 до 20 % и температурой раствора аммиачной селитры 32 – 40 °с. В раствор селитры добавляют тротил, а в процессе подачи насосом в скважину – загуститель и структурообразователь, которые придают суспензии гелеобразную консистенцию и определенную водоустойчивость.

*Эмульсионные ВВ (ЭВВ)* получают посредством обработки горячего раствора селитры (смеси аммиачной, кальциевой или натриевой селитр) при температуре 80 °с с добавкой эмульгатора в аппарате эмульгирования. При этом раствор селитры диспергируется до капель микронного размера, которые обволакиваются пленкой масла, вследствие этого эмульсия становится водоустойчивой сметанообразной консистенции. Эти ЭВВ за рубежом называют эмулитами, в России – порэмитами, например, марок 1ИМК, 1 ИМН, 4А, 8А, сибиритами 1000, 1200 и др.

*Гранэмиты* – смесевые суспензионные ВВ изготавливают путем добавки в порэмиты 30 – 70 % игданита.

Технологическая схема приготовления эмульсионных ВВ типа порэммитов показана на рисунке 2.32. Для приготовления порэммитов и заряжания ими скважин на земной поверхности применяют смесительно-зарядные машины МЗ-8, МЗ-20, Порэммит IV, СЗМ-8 и др. (рисунок 2.33).

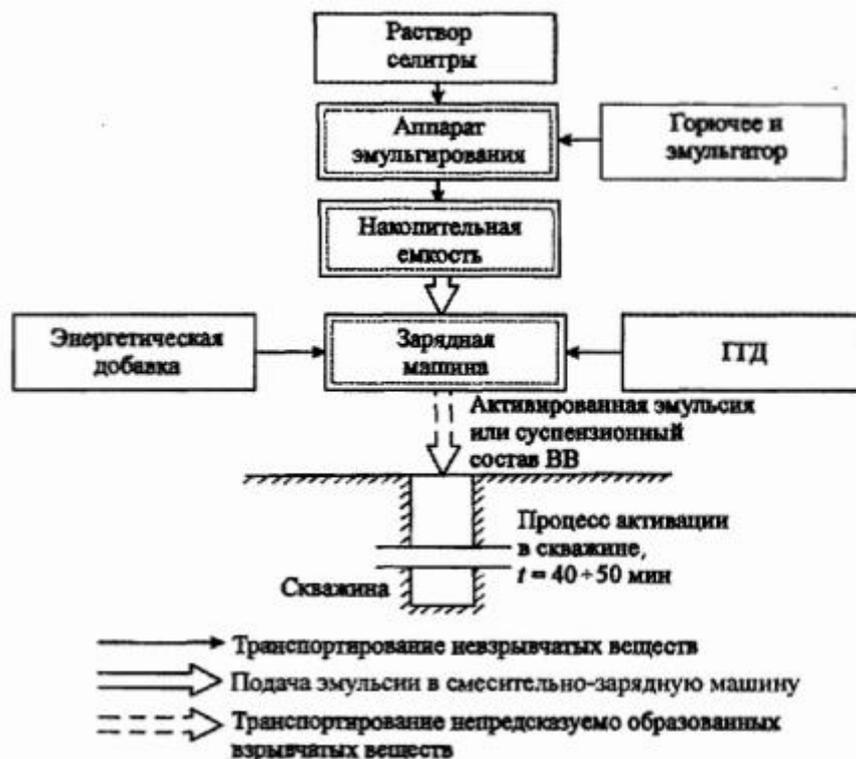
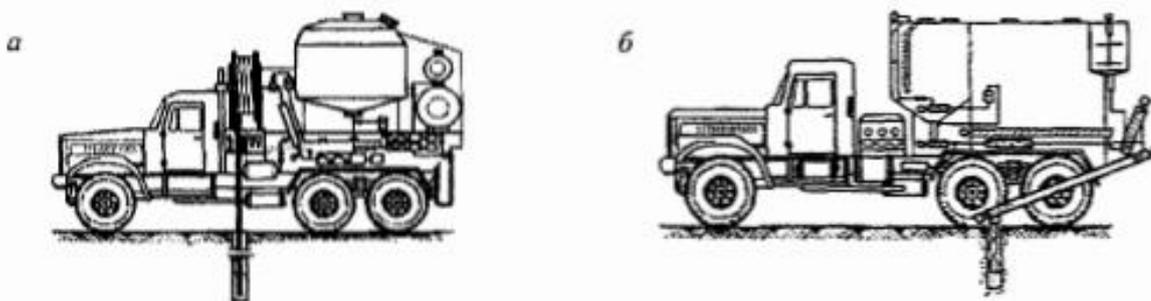


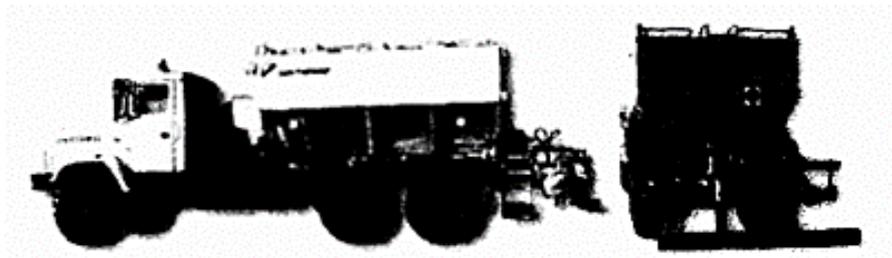
Рисунок 2.32 – Технологическая схема приготовления эмульсионных ВВ типа порэммитов; ГГД – газогенерирующая добавка

Смесительно-зарядные машины серии МСЗ относятся к типу машин для гранулированных ВВ, предназначены для транспортирования ВВ заводского приготовления и заряжания ими сухих или предварительно высушенных скважин, а также для отдельного транспортирования компонентов ВВ (селитры, дизтоплива) и приготовления взрывчатых смесей типа игданит в процессе заряжания скважин (рисунок 2.34).



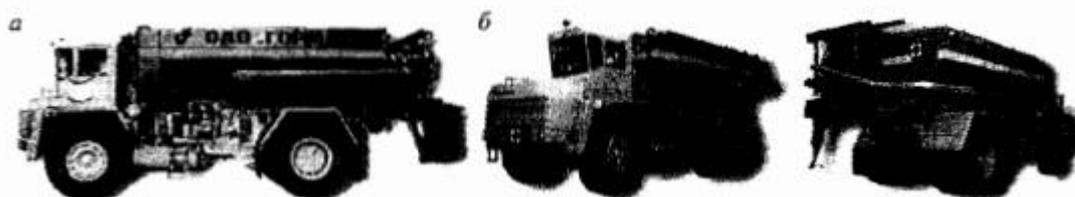
а – СЗМ-10; б – СЗМ-10Г

Рисунок 2.33 – Машины для приготовления и зарядки порэммита



**Рисунок 2.34 – Смесительно-зарядная машина серии МСЗ**

*Транспортные смешительно-зарядные машины по существу представляют собой мини-заводы по приготовлению многокомпонентных промышленных эмульсионных ВВ (рисунок 2.35).*



**Рисунок 2.35 – Транспортные смешительно-зарядные машины без зарядного рукава (а) и с зарядным рукавом (б)**

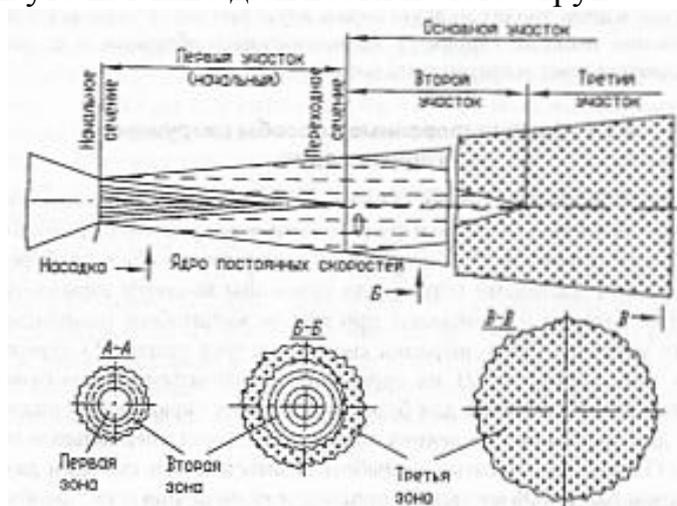
В специальную группу выделяют инициирующие ВВ, используемые для изготовления средств инициирования. Взрыв небольшой массы инициирующего ВВ служит начальным импульсом для возбуждения детонации промышленных ВВ, его осуществляют от теплового импульса пламени от огнепроводного шнура (ОШ) или электровоспламенителя. Эти ВВ очень опасны в обращении из-за высокой чувствительности к огню, удару и трению.

## **2.4 Гидравлическое разрушение горных пород**

Разрушение горных пород водяными струями происходит как за счет кинетической энергии струи, вытекающей из гидроманиторной насадки с высокой скоростью, так и за счет гидростатического давления воды, проникающей в трещины и поры породного массива. Такие струи разделяют на низко – (до 1 МПа), средне (1 – 5 МПа), высоко (5 – 50 МПа) и сверхвысоконапорные (более 50 МПа). На открытых разработках распространены средненапорные (1,5 – 3 МПа), а на гидрошахтах – высоконапорные струи с давлением 10 – 12 МПа. Чем выше давление воды в гидроманиторе, тем больше кинетическая энергия статического напора струи и, следовательно, выше эффективность разрушения пород в массиве.

Структура струи, выходящей из насадки под указанными выше давлениями, содержит три участка (рисунок 2.36). На первом участке центральная часть струи плотная, на втором – содержит пузырьки воздуха, на

третьем распыленная. В сечении струи на первом участке имеется центральная зона монолитного потока, обрамляемая кольцом воды содержащей пузырьки воздуха. На втором участке уже нет монолитного центра, а есть ядро, составленное из содержащего воздуха центра и окружение пропитанным воздухом водяным кольцом. На третьем участке все сечение струи состоит из потока воды, пропитанного воздушными пузырьками, которой не используются для разрушения массива. От давления воды в мониторе и диаметра насадки зависит длина рассмотренных участков. Будет различным и срок службы насадки, которая изменяет размеры отверстия из-за быстрого изнашивания вследствие кавитации. В гидромониторах для открытой разработки используют насадки диаметром 52 – 220 мм, при подземных разработках для разрушения – 15 – 35 мм, а для гидросмыва уже разрушенных пород – до 50 мм. При установке на насадку специального эжектора происходит сжатие струи и уменьшение ее сечения, что ведет к увеличению дальности полета струи.



**Рисунок 2.36 – Структура гидромониторной струи**

Известен гидравлический способ разрушения пород тонкими струями, исходящими из насадок диаметром 0,8 – 1,0 мм при давлении воды до 300 МПа. Этот способ позволяет резать породы любой крепости. Есть опыт комбинированного разрушения пород, заключающийся в гидравлическом прорезании щелей тонкими струями с последующим скалыванием образующихся целиков механическими инструментами. Для повешения эффективности резания пород гидравлическими струями в последние вводят мелкую абразивную крошку. Способы гидроразрушения тонкими струями с использование абразивной крошки применяется пока экспериментально

## **2.5 Другие способы разрушения горных пород. Комбинированный способ**

К числу наиболее распространенных комбинированных способов разрушения горных пород следует отнести в первую очередь *буровзрывной способ*.

При использовании этого способа в пробуренные горными машинами шпуров или скважины вводят взрывчатые вещества, которые и производят при взрыве масштабное разрушение горного массива.

Такая операция состоит из трех этапов:

- 1) бурение шпуров или скважины;
- 2) их зарядание взрывчатыми веществами;
- 3) взрывание.

О машинах для бурения шпуров и скважин говорилось выше; для зарядания шпуров существуют специальные машины. Однако на открытых разработках вместимости скважин даже диаметром около 300 мм недостаточно для размещения в них необходимого количества взрывчатых веществ. В этом случае скважины расширяют огневым способом. Разрушение породы происходит за счет термонапряжений, возникающих в массиве, имеющем температуру окружающей среды, при его нагреве до 2500 градусов газовыми потоками от горелок термобуров. За значительной разности температур слой пород растрескивается, обрушивается и выносится парогазовой смесью из скважины. Процесс наиболее эффективен там, где имеются породы, содержащие кремний, породы с низким коэффициентом теплопроводности, кварциты и т.п. Буровой снаряд включает саму горелку (термобур), неразборную буровую штангу, по которой подается воздух, и устройство, подводящее к термобуру топливо и воду. Термобуры широко применяются в карьерах, где добываются руды.

На открытых разработках получило распространение *механогидравлическое* разрушение и транспортирование пород с помощью землесосов и драг с рыхлителем. Процесс разрушения в них осуществляется одновременно с помощью гидромониторной струи и специального рыхлителя, представляющего собой вращающуюся коническую коронку, армированную режущими инструментами и движущуюся вверх-вниз вдоль забоя. Такие драги применяются для разработки россыпных месторождений, а также для очистки хвостохранилищ. Механогидравлический способ используется в гидравлических комбайнах для гидрошахт. В этом случае горный пласт разрушается режущими инструментами и струями воды.

Существуют и гидравлические комплексы, например гидромонитор – дробилка – землесос – гидротранспорт.

Комбинированными являются и *способы гидротермической с выщелачиванием добычи* полезных ископаемых при которых по предварительно пробуренным скважинам в зону месторождения подают горячую воду, щелочные растворы, которые расплавляют или растворяют ископаемое и по скважинам выдают его на поверхность.

Известны *способы разрушения пород с помощью взрывогенератора*, к которому по трубкам дозированными порциями поступает энергоноситель и окислитель. Эти компоненты, попадая на поверхность забоя, в присутствии инициатора (катализатора) взрываются, разрушая породу в забое. Следует отметить невысокий КПД такого способа (он ниже аналогичного показателя для взрывчатых веществ, работающих в герметичных скважинах).

## ГЛАВА 3 ПЕРЕМЕЩЕНИЕ РАЗРЫХЛЕННЫХ ГОРНЫХ ПОРОД

### 3.1 Способы перемещения горной массы

При отделении горных пород от массива и их разрушении образуется *горная масса*. Она может состоять из полезных ископаемых, пустых горных пород, а также их смесей в виде кусков и частиц различной крупности. Горная масса бывает сыпучей, когда силы сцепления между ее кусками отсутствуют, связной за счет водно-коллоидных связей между ее частицами или кусками.

Если горная масса представляет собой полезное ископаемое, то ее направляют потребителю сразу в том случае, когда она является конечным продуктом предприятия, или после дополнительной переработки – сортировки, очистки от примесей, обогащения и т. п. Горную массу, представленную пустыми породами, направляют на временные склады, т. е. во внешние отвалы, находящиеся за пределами собственно шахты или карьера, или размещают в горных выработках, отслуживших срок эксплуатации.

*Перемещение* горной массы осуществляется различными способами в зависимости от горно-геологических условий решаемых горно-технологических задач, физических и технологических свойств перемещаемых горных пород.

Первый способ заключается в использовании действия гравитационных сил, он применяется для перемещения горной массы с верхних горизонтов на нижние по вертикальным и крутонаклонным горным выработкам.

Второй способ основан на применении для перемещения горной массы специальных технических средств:

– циклического действия, к которым относят автомобильный и рельсовый транспорт, скреперные установки, самоходные вагоны, погрузочно-доставочные машины (ПДМ), погрузочные машины и устройства, питатели, подъемные установки и машины, экскаваторы и другие подобные машины;

– непрерывного действия, к ним относят конвейеры скребковые и ленточные, трубопроводный транспорт, перегружатели, транспортно-отвальные мосты и другие технические средства.

Третий способ состоит в перемещении горной массы под действием взрыва заряда ВВ. Взрывная доставка горной массы применяется при разработке пологих и наклонных залежей в открытом очистном пространстве, когда доступ туда людей запрещен. При взрывной доставке горная порода отбивается от массива посредством взрывания комплекта скважин, отбрасывается, а затем скатывается к траншеям или воронкам; удельный расход ВВ при этом увеличивается на 15 – 25 %. Способ применяют на залежах мощностью от 3 до 30 м, при этом дальность доставки составляет 30 – 40 м.

В зависимости от технологической задачи различают такие виды перемещения горной массы, как погрузка, доставка и транспортирование.

*Погрузка* – это процесс перемещения предварительно разрыхленной или вынимаемой из массива без предварительного рыхления горной породы в доставочные или транспортные средства.

Под *доставкой* понимают обычно перемещение разрыхленной, отбитой горной породы, полезного ископаемого в пределах очистного забоя и до пункта погрузки в транспортные средства.

*Транспортирование* процесс перемещения разрыхленной горной породы, полезного ископаемого по протяженным горным выработкам, а также по земной поверхности до пунктов складирования, переработки, а в случае подземных горных работ – до аккумулирующих выработок, находящихся в околоствольном дворе, для последующей выдачи на земную поверхность.

При проведении подземных горизонтальных и наклонных горных выработок доставку от забоя и погрузку горной массы в транспортные средства или перегрузку в перепускные вертикальные горные выработки выполняют погрузочными машинами, скреперными установками, погрузчиками, погрузочно-доставочными агрегатами и комплексами.

При проходке вертикальных горных выработок сверху вниз доставку и погрузку горной массы осуществляют грейферными погрузчиками и ствольными породопгрузочными машинами. При проходке вертикальных горных выработок снизу вверх доставка горной массы происходит самотеком, под действием ее собственного веса.

При очистной выемке полезных ископаемых применяют следующие способы доставки и погрузки горной массы: под действием гравитационных сил, взрыва зарядов ВВ, а также конвейерами цепного и пластинчатого типов, вибропитателями, погрузчиками, скреперами, экскаваторами, работающими в комплексе с автотранспортом; погрузку горной массы в транспортные средства производят через приемные, перегрузочные устройства, оборудованные лючковыми затворами.

При проведении горных выработок и очистной выемке полезных ископаемых с помощью проходческих комбайнов, очистных механизированных комплексов и очистных агрегатов отбойку горной массы и ее доставку до места погрузки в транспортные средства выполняют этими машинами в едином технологическом цикле.

Транспортирование горной массы при подземных работах осуществляют, главным образом, рельсовым транспортом в вагонетках различного типа, ленточными конвейерами и гидротранспортом.

Подъем горной массы на земную поверхность через шахтные стволы производят в вагонетках, размещаемых в подъемных устройствах – клетях, в

специальных подъемных сосудах – скипах, ленточными конвейерами по наклонным шахтным стволам, гидротранспортом – непрерывным потоком от забоя. Перемещение грузов по вертикальным и наклонным шахтным стволам в клетях и скипах осуществляют подъемными установками с подъемными машинами.

На открытых горных работах выемочно-погрузочные операции выполняют экскаваторами, погрузчиками, колесными скреперами и другими машинами. Транспортирование горной массы в основном осуществляют железнодорожным, автомобильным, конвейерным и гидравлическим транспортом. При значительной глубине карьеров иногда применяют специальные подъемные установки, перемещающие горную массу на земную поверхность от пунктов разгрузки внутрикарьерного транспорта.

## **3.2. Перемещение горной массы при подземных горных работах**

### **3.2.1. Перемещение горной массы погрузочными машинами**

Погрузочные машины предназначены для погрузки горной массы в транспортные средства в горизонтальных и пологих горных выработках.

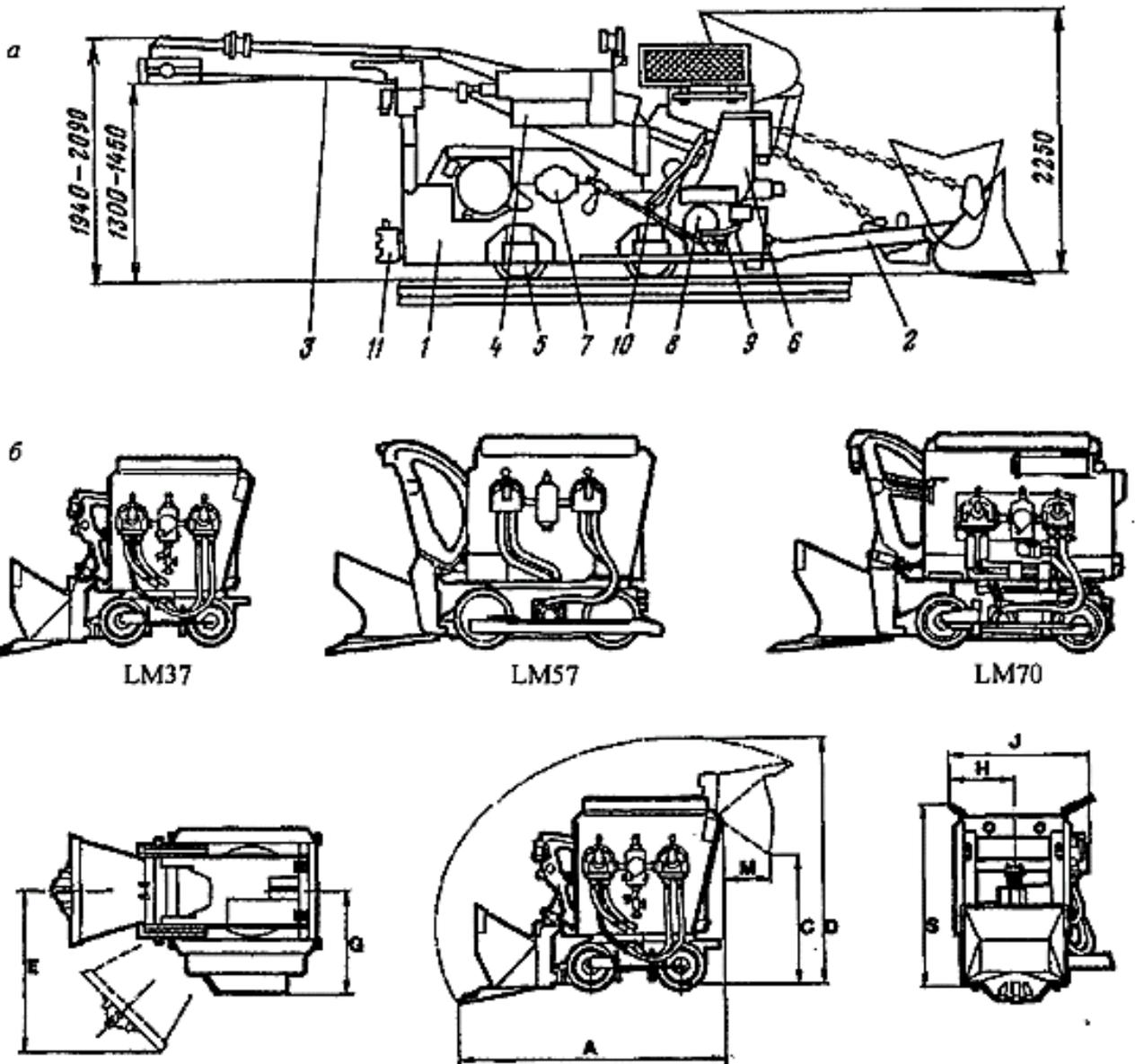
По принципу работы различают машины:

- с цикличной и непрерывной, с прямой и ступенчатой погрузками;
- с нижним, боковым и верхним зачерпыванием горной массы.

К цикличным относят *ковшовые машины* типа ППН и ППМ с прямой и ступенчатой погрузкой горной массы. Зарубежным аналогом погрузочных машин циклического действия являются серии ковшовых машин типа LM и SAVO (фирма Atlas Copco, Швеция). Машины со ступенчатой погрузкой горной массы оснащены ленточным или пластинчатым конвейером или бункером, которые являются составными частями конструкции машины. Ковшовые машины имеют колесно-рельсовый или пневмоколесный ход. Эти простые по конструкции и высоко маневренные горные машины обеспечивают хорошую зачистку почвы и погрузку горных пород любой крепости.

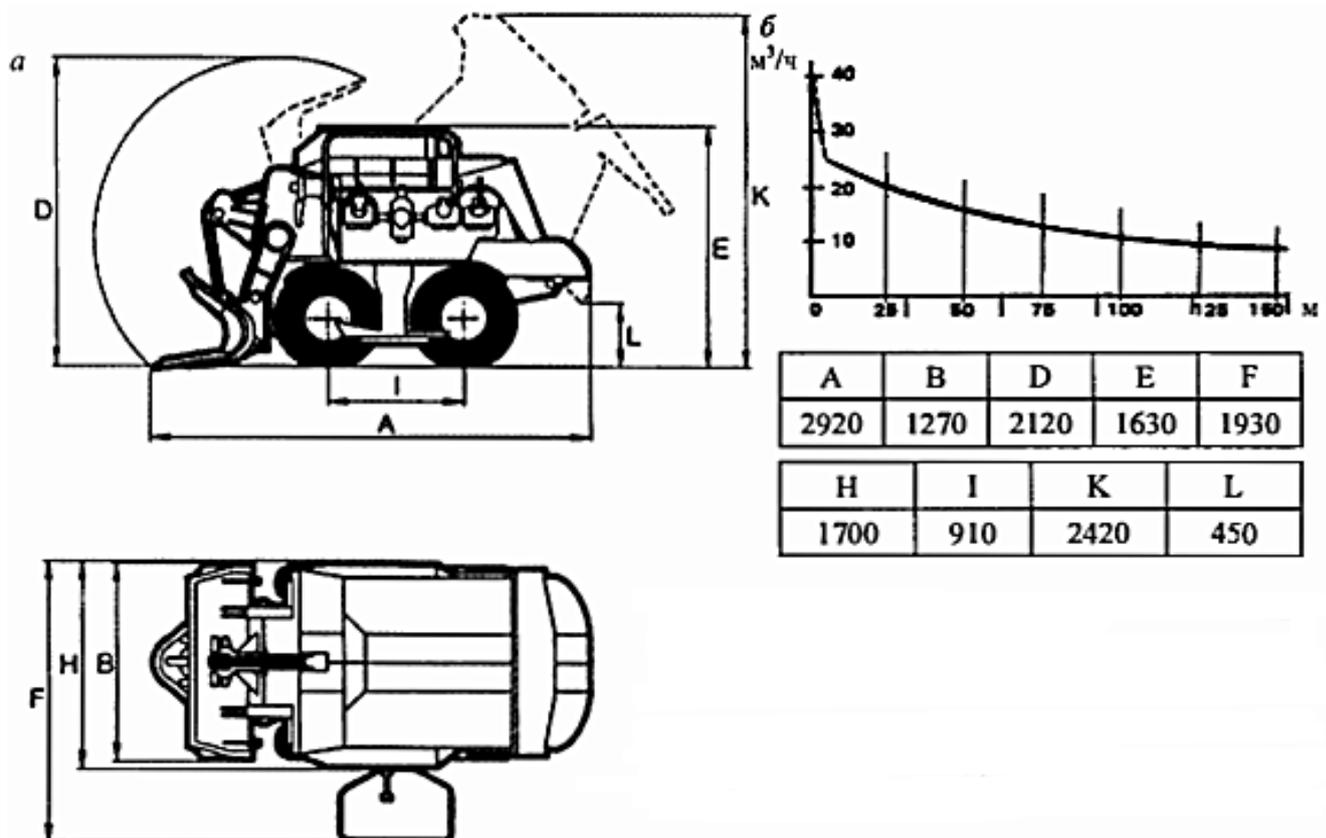
Ковшовые погрузочные машины типа ППН состоят из исполнительного органа, ходовой части, привода хода и погрузки, системы управления (рисунок 3.1). Машины типа 1 ППН на колесно-рельсовом ходу со ступенчатой погрузкой горной массы (рисунок 3.1, а) в отличие от машин типа ППН имеют ковш, закрепленный на стреле и разгружающийся на конвейер, который перемещает горную массу в транспортную вагонетку.

Машины серии Savo на пневмоколесном ходу имеют исполнительный орган в виде ковша с цепью, которым осуществляется погрузка горной массы в собственный бункер. Машина перемещает горную массу на расстояние до 150 м (рисунок 3.2).



а – 1ПН5 (1ПН5-П): 1 – рама; 2 – исполнительный орган; 3 – ленточный конвейер; 4 – электро- (или пневмо-)привод; 5 – тележка; 6 – стойка; механизмы: 7 – перемещения; 8 – подъема; системы управления: 9 – перемещением машины; 10 – подъемом ковша; 11 – буферная сцепка; б – машины серии LM

**Рисунок 3.1 – Погрузочные машины циклического действия на колесно-рельсовом ходу**

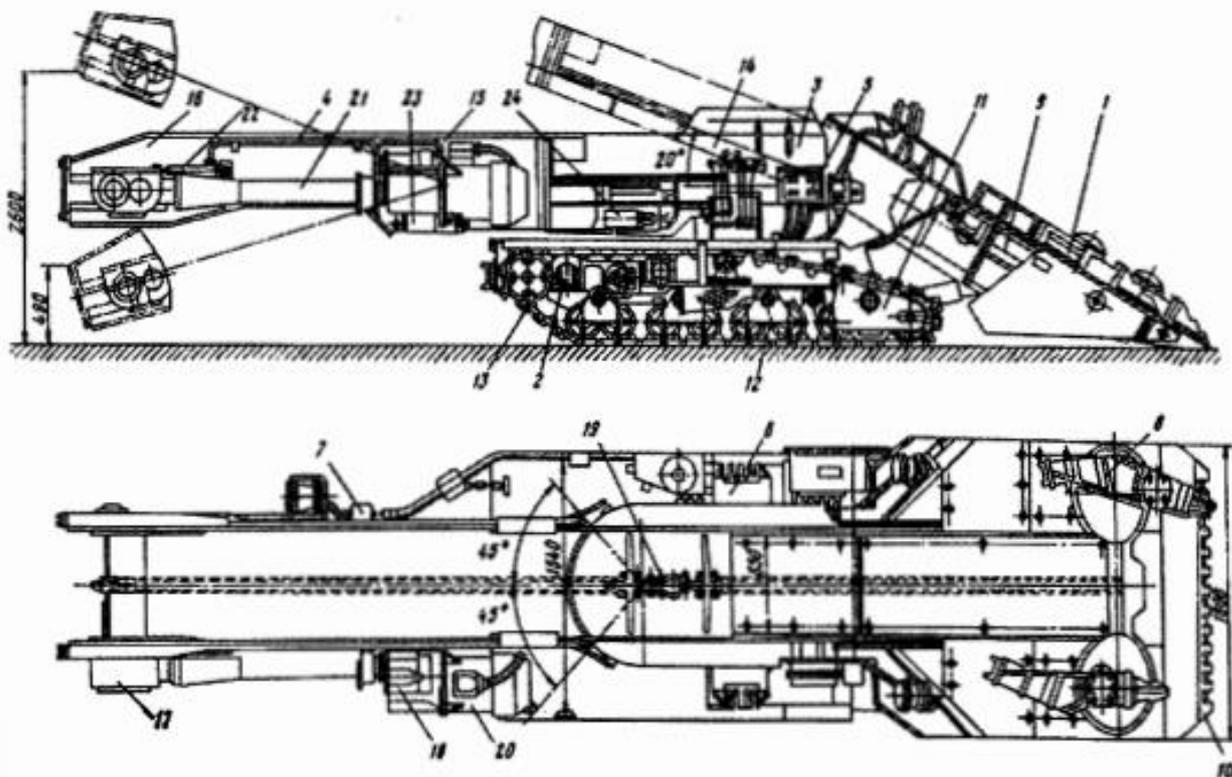


**Рисунок 3.2 – Погрузочная машина Sanyo 310 на пневматическом ходу со ступенчатой погрузкой породы (а) и график изменения ее производительности в зависимости от расстояния доставки породы (б)**

Погрузочные машины непрерывного действия типа ПНБ имеют ступенчатую погрузку горной массы и гусеничный ход. Такая машина состоит из погрузочного устройства с нагребными лапами, перегрузочного конвейера, гусеничного хода, гидро- и электрооборудования, систем управления и пылеподавления (рисунок 3.3). Некоторые машины оснащены навесным оборудованием для бурения шпуров (ПНБ-2Б, 2ПНБ-2Б, МПНБ).

*Грейферные погрузчики и стволовые породопогрузочные машины* предназначены для погрузки в подъемные сосуды горной массы из забоев вертикальных горных выработок (например, шахтных стволов) в процессе их строительства. Погрузчик состоит из четырехлопастного грейфера с пневматическим затвором, осуществляющего зачерпывание породы; пневматического подъемника, производящего подъем грейфера на высоту 1,0 – 1,5 м в зависимости от высоты подъемного сосуда – бадьи, разгрузку в него горной массы и затем опускание грейфера на забой. Полную механизацию погрузки горной массы, образовавшейся после взрывания шпуров в забое сооружаемого шахтного ствола, обеспечивают универсальные стволовые погрузочные машины. Машины типа КС-2у/40 выпускают в двух модификациях: с одним и двумя грейферами. Машины с одним грейфером применяют для

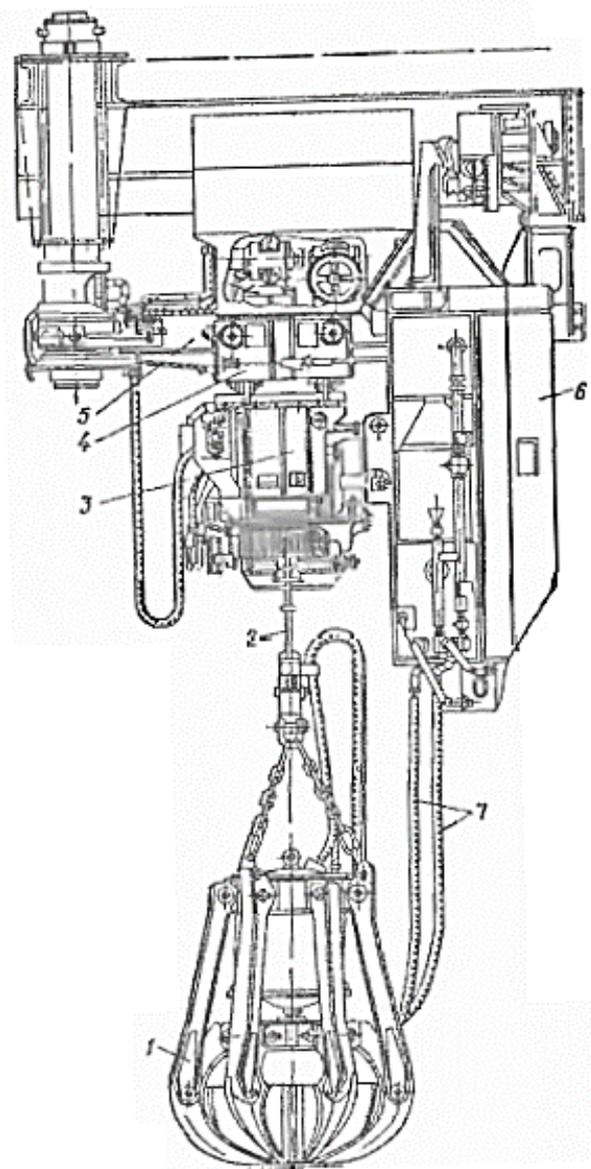
проходки стволов диаметром 5,5 – 6,5 м (рисунок 3.4) и с двумя грейферами – для стволов диаметром 7 – 8 м.



1 – нагребаящая часть; 2 – ходовая часть; 3 – скребковый конвейер;  
 4 – гидрооборудование; 5 – электрооборудование; 6 – система управления;  
 7 – система орошения; 8 – нагребаящие лапы; 9 – редукторы лап; 10 – носок нагребаящей части; 11, 12 – балансиры ходовой части; 13 – гусеничная цепь; составные части скребкового конвейера: 14 – рамы стола; 15 – промежуточная головка; 16 – натяжная головка; 17 – приводная головка; 18 – редуктор; 19 – скребковая цепь; 20 – электродвигатель; 21 – телескопический вал; 22, 23, 24 – гидроцилиндры

**Рисунок 3.3 – Погрузочная машина непрерывного действия (2ПНБ-2)**

Комплект одногрейферной погрузочной машины (рисунок 3.4) состоит из следующих основных узлов: грейфера 1, каната подвески грейфера 2, тельфера 3, механизма перемещения тележки тельфера 4, кругового монорельса 5, кабины машиниста б, шлангов для подачи сжатого воздуха 7. Машина оснащена шестилопастным грейфером вместимостью 0,65 м<sup>3</sup>, управление ею осуществляют дистанционно из кабины машиниста; эксплуатационная производительность машины достигает 60 м<sup>3</sup>/ч.



**Рисунок 3.4 – Одногрейферная погрузочная машина**

### **3.2.2 Перемещение горной массы погрузочно-доставочными машинами, комплексами, установками, устройствами и конвейерами**

Погрузочно-доставочные машины ПДМ и погрузочно-транспортные машины ПТМ предназначены для перевозки горной массы в ковше на весу к месту разгрузки. Ковшовые ПДМ бывают легкие – с грузоподъемностью ковша до 2 – 3 т, средние – с грузоподъемностью 4 – 6 т и тяжелые с грузоподъемностью 7 – 8 т и более. Для машины с ковшом вместимостью от 1 до 5,6 м минимальная ширина доставочной выработки составляет соответственно от 2,4 до 4,9 м, а высота от 2,4 до 2,75 м.

ПДМ в зависимости от их технических характеристик могут применяться в горных выработках с площадью поперечного сечения от 5 до 14 м и более. Машины с ковшом вместимостью более 3 м хорошо работают при наличии

крупнокусковой абразивной руды и транспортировании на расстояние 150 – 400 м; более мощные ПДМ с ковшом вместимостью 4 – 7 м могут эффективно транспортировать горную массу на расстояние 500 – 1000 м. Для перевозки горной массы применяют также ПДМ ковшово-бункерного типа. Горную массу перевозят в бункере машины, который загружают ее ковшом. В горном производстве широко применяют ПДМ TORO (TAMROCK, Финляндия) с электрическим и дизельным приводами. ПДМ TORO оснащены одно- или двухступенчатой системой очистки выхлопных газов с каталитическими и жидкостными нейтрализаторами.

*Подземные экскаваторы* с электрическим приводом и вместимостью ковша 1 – 2 м<sup>3</sup> применяют в комплексе с бульдозерами и автосамосвалами в горных выработках высотой не менее 6 м. Производительность экскаватора типа ЭП-1А с ковшом вместимостью 1 м<sup>3</sup> достигает при погрузке крепких руд 700 т/смену.

*Автосамосвалы* используют при доставке горной массы на расстояние 300 – 1000 м и более; их грузоподъемность составляет 40 – 50 т, все автосамосвалы оснащают системой очистки выхлопных газов. Производят автосамосвалы, оснащенные кузовом с конвейерным выталкивателем, он предназначен для сокращения времени разгрузки горной массы в выработках, не имеющих достаточной высоты для опрокидывания кузова обычного автосамосвала.

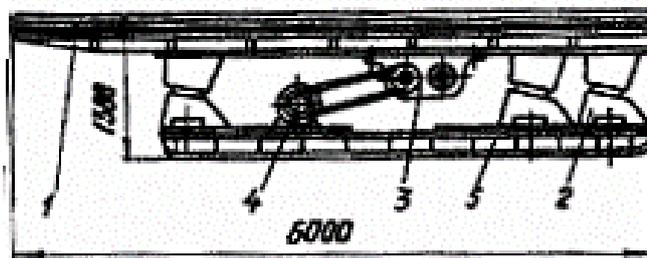
*Самоходные вагоны* применяют в комплексе с погрузочными машинами. Самоходные вагоны имеют длинный бункер вместимостью 2,5 – 10 м оборудованный донным скребковым конвейером; вагоны снабжены электрическим приводом и колесной ходовой частью на пневматических шинах (5BC-15M, BC-30).

*Подземные бульдозеры* типа БДП на гусеничном ходу с установленной мощностью привода 74 кВт и скоростью передвижения 10 км/ч используют для доставки горной массы до рудоспусков на небольшие расстояния, зачистки забоев и сооружения дорог для самоходной техники.

*Вибропитатели* представляют собой конвейерные установки длиной до 8 – 10 м, состоящие из грузонесущего лотка и вибратора с электроприводом; установка перемещает горную массу под уклон, горизонтально и даже на небольшой подъем за счет колебаний лотка.

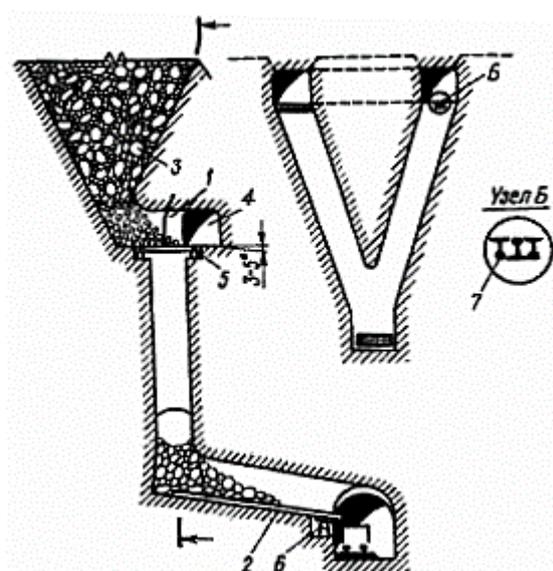
Вибропитатели можно применять для донного выпуска горной массы в вагон, автосамосвал, на конвейер, в рудоспуск и т. п.; их используют вместо люков для погрузки горной массы из вертикальных горных выработок (рудоспусков) в вагон (рисунок 3.5, 3.6). Разновидностью вибропитателя является вибропобудитель, представляющий собой виброплощадку длиной 1,2 м ненаправленного действия; вибропобудители устанавливают в нишах под выпускными горными выработками, с их помощью интенсифицируют истечение

горной массы из выемочных камер и блоков. На выпуске руды из блоков применяют вибропитатели ПВГ 1,4/4,0 и ПВГ 1,2/3,1, в качестве перегрузочных используют вибропитатели ВДПУ-6.



1 – грузонесущий лоток; 2 – амортизирующая опора; 3 – вибропривод; 4 – электродвигатель; 5 – опорная рама

**Рисунок 3.5 – Вибропитатель**

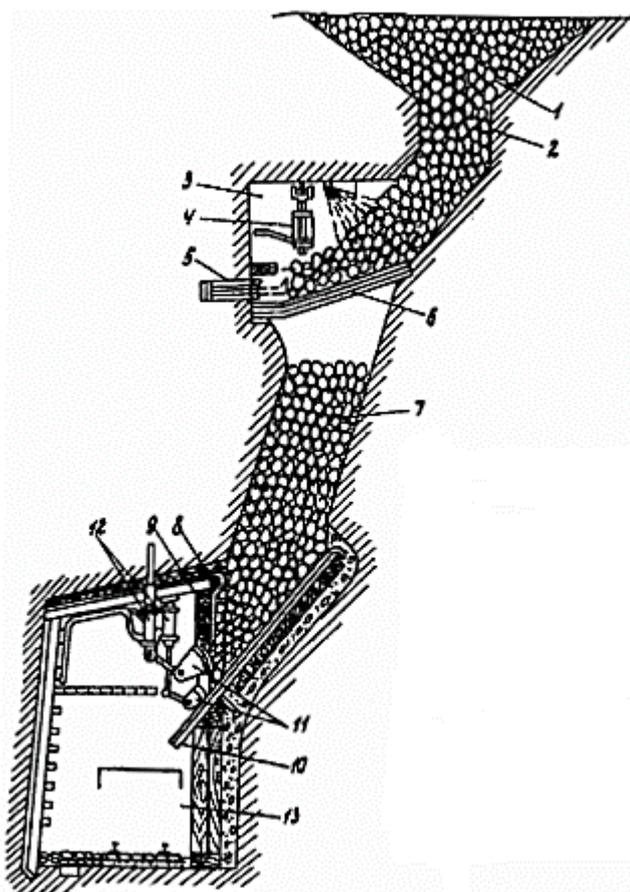


1 – камера грохочения; 2 – вибропитатель; 3 – траншея; 4 – выработка грохочения; 5 – грохот; 6 – электропривод вибратора; 7 – рельсы

**Рисунок 3.6 – Схема выпуска руды с применением вибропитателя**

*Люком* называется устройство, расположенное в нижней части горной выработки, из которой горная масса должна поступать в транспортное средство; люковые затворы или питатели служат для управления потоком горной массы. Люк состоит из днища, бортов, лобовины, отбойника, затвора и привода управления затвором (рисунок 3.7). Днища изготавливают из заделанных в бетон рельсов, стальных листов толщиной до 25 мм или броневых плит толщиной до 80 мм; лобовину и отбойник также выполняют из рельсов или дерева, которое обшивают металлом. Угол наклона днища в зависимости от свойств выпускаемой горной массы составляет 40 – 65°. Ширина выпускного отверстия принимается равной трехкратному размеру кондиционного куска выпускаемой

горной массы, высота – равной или несколько больше ширины люка. Управление затвором может быть ручным или механическим с пневматическими приводами, пневмоцилиндрами. Оптимальные размеры кусков горной массы в зависимости от конструкции люковых затворов могут изменяться от 200 до 500 мм или до 600 мм. Производительность различных люков составляет от 150 до 450 т/ч; месячная пропускная способность люков до 120 тыс. т. При замене люковых затворов питателями, например вибрационного действия, техническая производительность люка повышается до 1500 т/ч.



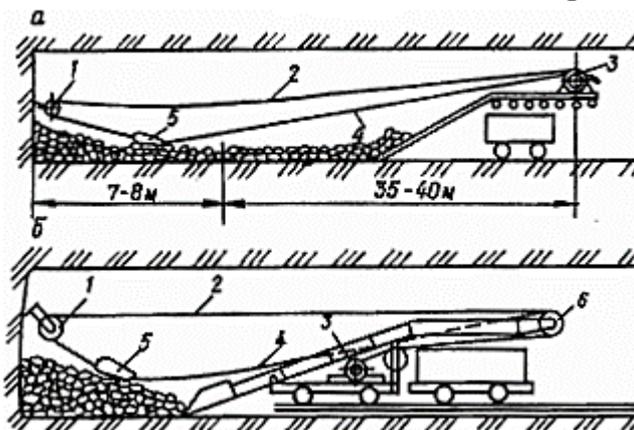
1 – воронка; 2 – рудоспуск; 3 – орт грохочения; 4 и 5 – пневматические бутобои; 6 – грохот; 7 – горная масса (руда); 8 – отбойник; 9 – лобовина; 10 – днище; 11 – двухсекторный затвор; 12 – пневмоцилиндры; 13 – выработка откаточного горизонта

**Рисунок 3.7 – Схема люкового устройства**

*Канатные скреперы* предназначены, главным образом, для перемещения разрушенных горных пород до пунктов их погрузки в транспортные средства. Скреперная установка состоит из скрепера, т. е. ковша, скреперной двух- или трехбарабанной лебедки с приводом, каната и блочков. Производительность скреперных установок в зависимости от их мощности, крупности кусков перемещаемых горных пород и от расстояния перемещения, т.е. дальности доставки, изменяется в пределах 200 – 600 т/смену.

Скреперные установки применяют для погрузки горной массы при проведении горизонтальных и наклонных горных выработок сверху вниз и для доставки горной массы при очистной выемке полезных ископаемых буровзрывным способом на рудных месторождениях.

Скреперная установка, применяемая при проведении горных выработок (рисунок 3.8), состоит из скрепера 5, служащего для зачерпывания и перемещения горной массы к месту погрузки, пневматической или электрической лебедки 3, грузового каната 4, прикрепляемого к передней части скрепера, хвостового каната 2, забойного блока 1 и направляющего ролика 6.



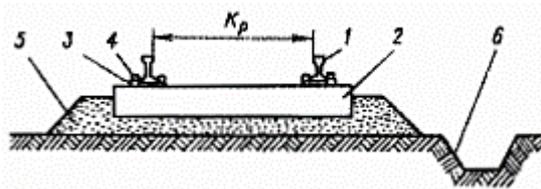
а – стационарная; б – передвижная

**Рисунок 3.8 – Скреперные погрузочные установки**

### 3.2.3 Перемещение горной массы рельсовым транспортом

Перемещение горной массы по транспортным выработкам (ортам, штрекам, квершлагам, бремсбергам, штольням и наклонным стволам) осуществляют рельсовым, конвейерным и трубопроводным транспортом. Наибольшее распространение получил рельсовый транспорт – откатка в вагонетках по рельсовым путям. Этот вид транспорта широко применяется также для перевозки материалов, оборудования и людей.

Рельсовый путь состоит из рельсов, элементов скрепления рельсов между собой и со шпалами, шпал и балластного слоя, на который уложены шпалы (рисунок 3.9). В почве выработки, на которую укладывают рельсовый путь, проводят водоотводную канавку.



1 – рельс; 2 – шпала; 3 – подкладка; 4 – костыль; 5 – балластный слой; 6 – водоотводная канавка

**Рисунок 3.9 – Элементы рельсового пути**

Основной параметр рельсового пути – ширина колеи  $K_p$  – определяется как расстояние между внутренними гранями головок рельсов. В подземных условиях применяют колею шириной 600, 750 и 900 мм. Рельсы бывают следующих типов: Р-18, Р-24, Р-33, Р-38, Р-43; цифра обозначает массу 1 м рельса в килограммах; тип рельса выбирают исходя из нагрузки на ось подвижного состава и интенсивности движения. Шпалы могут быть деревянными, железобетонными и редко металлическими. Балластный слой обычно имеет толщину 100 – 150 мм и состоит из щебня крупностью 20 – 60 мм из твердых горных пород. Рельсовые пути соединяют между собой стрелочными переводами, предназначенными для перевода подвижного состава с одного пути на другой.

В качестве подвижного состава на рельсовом транспорте применяют *рудничные, шахтные вагонетки и локомотивы*. Вагонетки различают грузовые, предназначенные для транспортирования насыпных грузов, пассажирские, служащие для перевозки людей, и *специальные* – для транспортирования различных вспомогательных грузов. Основными элементами вагонетки являются кузов 1, рама 2, скаты 3, буфера 4, сцепки 5, подвагонный упор 6 (рисунок 3.10, а). Грузовые вагонетки по конструкции кузова и способу разгрузки различают следующих типов:

- тип ВГ – с глухим жестко закрепленным кузовом (рисунок 3.10, а, б, в); разгрузку таких вагонеток осуществляют в специальных устройствах, называемых опрокидывателями, вагонетки этого типа получили наибольшее распространение, так как отличаются высокой прочностью и надежностью в работе;

- тип ВБ – с кузовом, шарнирно закрепленным на раме, и поднимающимся откидным бортом (рисунок 3.10, г); разгрузку вагонетки производят при наклоне кузова и подъеме борта;

- тип ВО – с глухим опрокидным кузовом (рисунок 3.10, д); разгрузку выполняют при опрокидывании кузова;

- тип ВД – с кузовом, снабженным откидным днищем, через которое разгружают вагонетку.

*Рудничные или шахтные локомотивы* разделяют на электровозы, работающие на постоянном или переменном токе, дизелевозы – локомотивы с дизельными двигателями, гировозы, т.е. инерционные локомотивы, и локомотивы, источником энергии которых является сжатый воздух. Наибольшее распространение получили *электровозы*. Шахтные или рудничные электровозы бывают контактные с питанием двигателя локомотива от внешнего контактного провода, расположенного в горной выработке, и аккумуляторные с автономным источником питания в виде аккумуляторных батарей, установленных на локомотиве. В шахтах и рудниках, опасных по газу и пыли, применяют только

аккумуляторные электровозы за исключением отдельных случаев использования контактных электровозов с двумя токоприемниками для уменьшения искрообразования в выработках, проветриваемых свежей струей воздуха, В шахтах и рудниках, не опасных по газу и пыли, в основном применяют контактные электровозы, являющиеся более простыми и удобными в эксплуатации, имеющие большую мощность, скорость движения и меньший расход энергии.

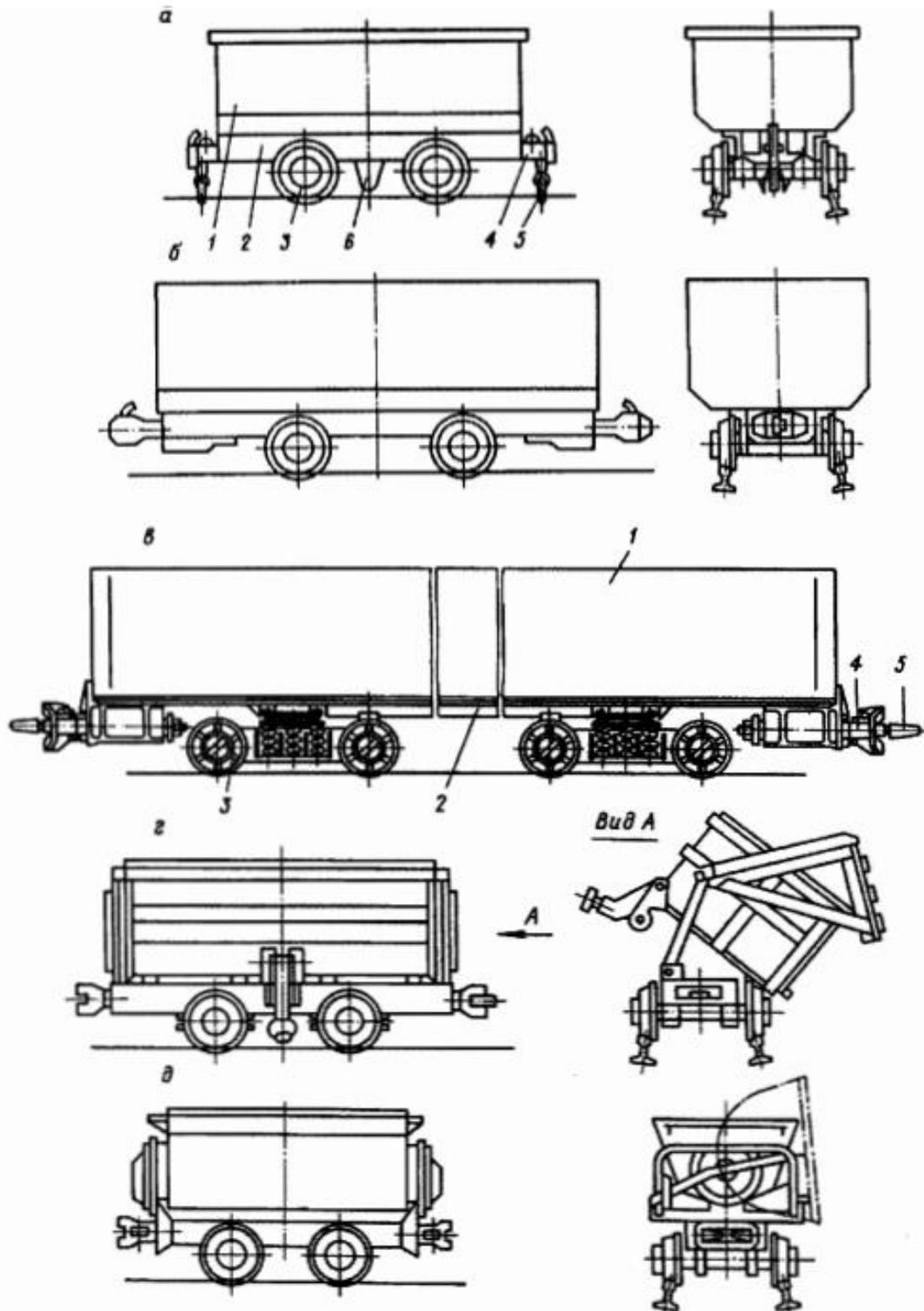
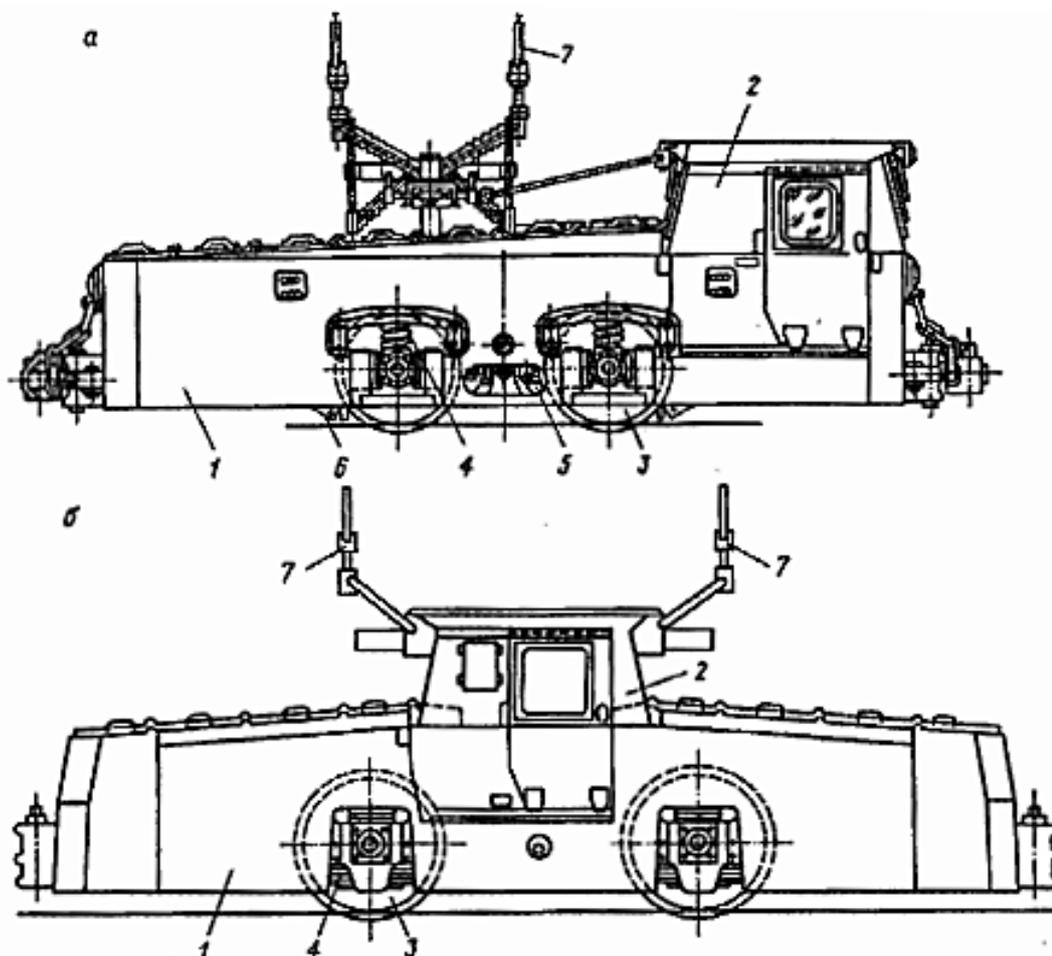


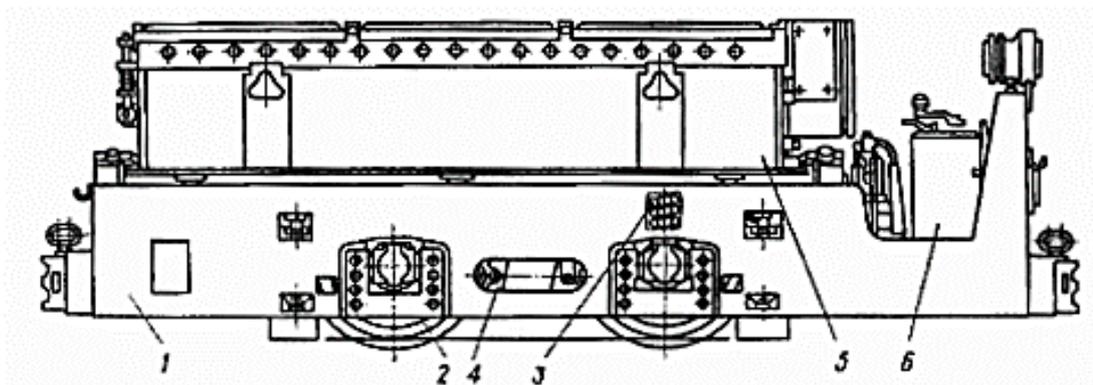
Рисунок 3.10 – Рудничные вагонетки

Контактные и аккумуляторные электровозы (рисунок 3.11, 3.12) состоят из механического оборудования, в состав которого входят рама, ходовая часть, подвеска рамы, тормозная система, песочная система, и электрического оборудования, включающего в себя тяговые двигатели, пускорегулирующую аппаратуру, источники питания. По сцепному весу электровозы различают легкие – до 50 кН, средние – 50 – 140 кН, тяжелые – >140 кН. Выпускаются контактные электровозы 7КРIV, К10, К14, КН10 и аккумуляторные электровозы АК-2У, АРВ7, АРП7, АРП10, АРП14; числа показывают сцепной вес электровоза (тс или кН), буква К означает контактный, А – аккумуляторный, буквы АРВ – аккумуляторный рудничный взрывобезопасный, АРП аккумуляторный рудничный повышенной защищенности.



1 – рама; 2 – кабина; 3 – колесная пара; 4 – рессорная подвеска; 5 – тормозная система; 6 – песочная система; 7 – токоъемники

**Рисунок 3.11 – Контактные рудничные электровозы с различным расположением кабины**



1 – рама; 2 – колесная пара; 3 – рессорная подвеска; 4 – тормозная система; 5 – аккумуляторная батарея; 6 – контроллер

**Рисунок 3.12 – Аккумуляторный рудничный электровоз**

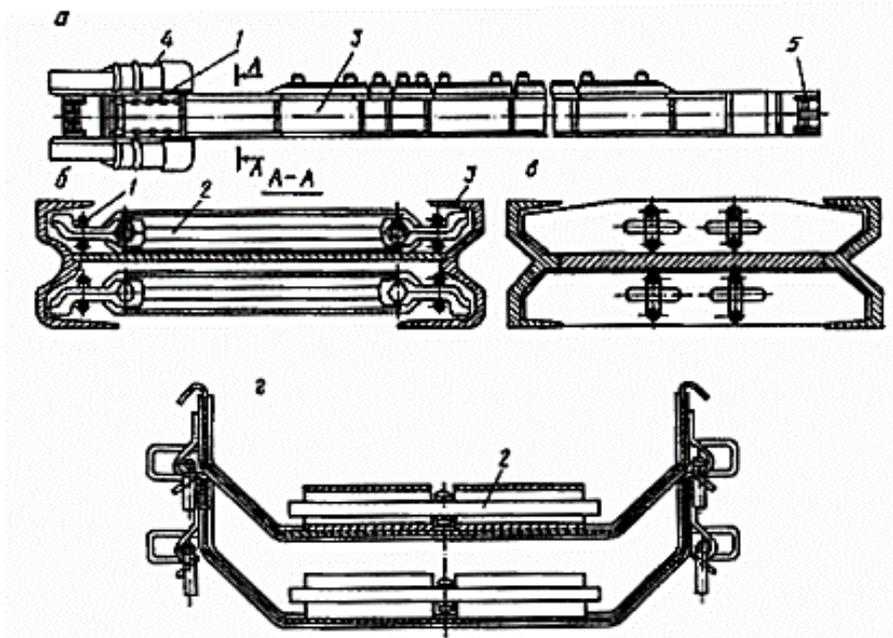
Для перемещения тяжеловесных составов без увеличения площади поперечного сечения выработок используют спаренные электровозы, которые образуют единый агрегат, управляемый одним машинистом.

### **3.2.4 Перемещение горной массы конвейерным транспортом**

Для перемещения горной массы применяют скребковые, пластинчатые и ленточные конвейеры.

*Скребковые и пластинчатые конвейеры* представляют собой доставочные машины непрерывного действия, применяющиеся для перемещения горной массы – угля и руды – вдоль очистного забоя или по горным выработкам, на которые производят выпуск разрушенных пород из расположенных над ними выемочных камер, до места погрузки в транспортные средства. Скребковые и пластинчатые конвейеры являются также конструктивными функциональными составными частями некоторых погрузочно-транспортных установок: погрузочных машин, самоходных вагонов, механизированных бункеров и т. п.

Конвейеры состоят (рисунок 3.13) из тягового органа 1, представляющего собой одну или несколько цепей, грузонесущих скребков 2 (скребковые конвейеры) или грузонесущих пластин в виде полотна (пластинчатые конвейеры), закрепленных на тяговых цепях, из рештачного става 3, состоящего из отдельных длиной по 1 – 2,5 м соединенных между собой рештаков, из приводной станции 4 и концевой головки 5. Рештак представляет собой штампованный или сварной желоб, состоящий из двух профильных боковин и днища, отделяющего верхнюю грузовую от нижней порожняковой ветви тяговой цепи. В угольной и горно-рудной отраслях промышленности применяют конвейеры следующих типов: С – с одной тяговой цепью, переносные, разборные; СР – двухцепные, переносные, разборные; СП – передвижные без разборки с двумя или тремя тяговыми цепями; СК – переносные, разборные, одноцепные с консольно расположенными скребками относительно цепи.



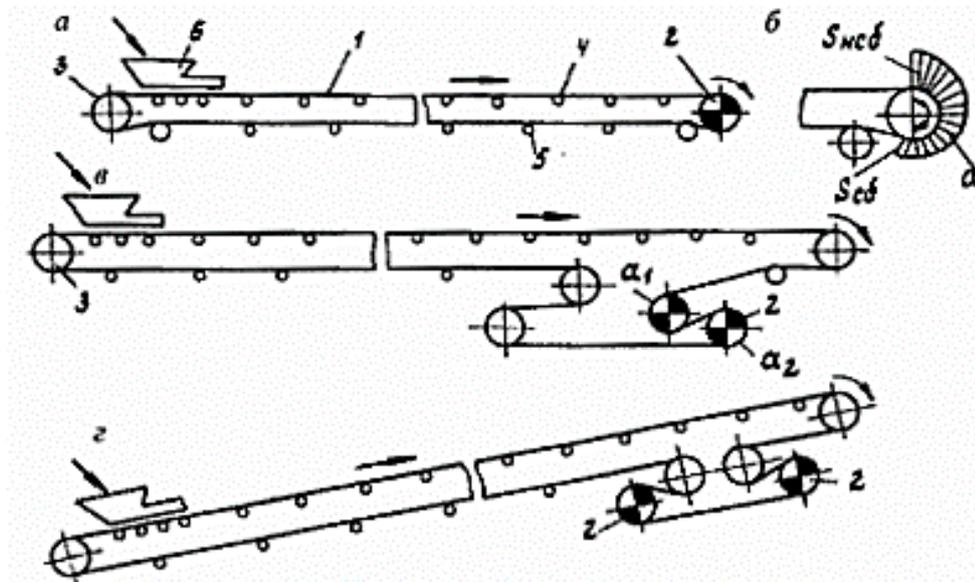
а – общий вид конвейера сверху;  
 б, в, г – виды конструкций скребков и рештаков

**Рисунок 3.13 – Скробковый конвейер**

*Ленточные конвейеры* используют, главным образом, для транспортирования горной массы по магистральным горным выработкам и подъема ее на земную поверхность по наклонным шахтным стволам. Этот способ перемещения горной массы является одним из основных звеньев поточной технологии, обеспечивающей непрерывность процессов выемки горных пород, их доставки, погрузки, транспортирования по магистральным выработкам и подъема на земную поверхность. Ленточные конвейеры предназначены для транспортирования горной массы с размером отдельных кусков не более 300 – 350 мм.

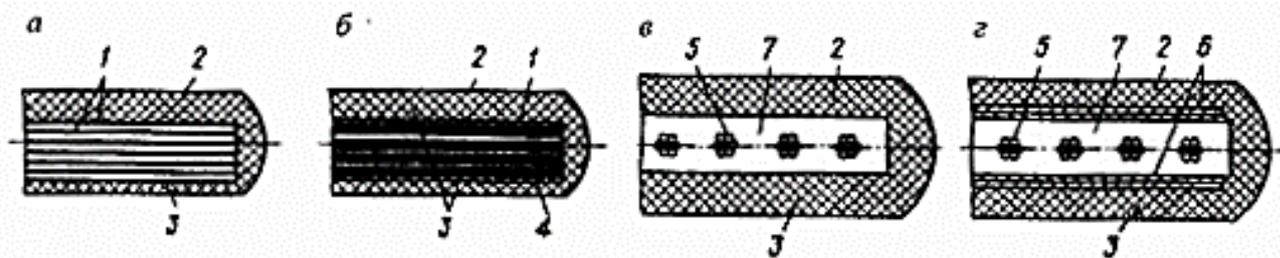
Ленточный конвейер транспортирует горную массу на конвейерной ленте, выполняющей функции тягового и несущего органа. Замкнутая бесконечная лента 1 огибает головной приводной 2 и хвостовой натяжной 3 барабаны (рисунок 3.14). Лента поддерживается по длине конвейера стационарными роликными опорами 4 и 5, расстояние между которыми для верхней грузовой ветви в 2 – 2,5 раза меньше, чем для нижней порожней ветви. Выпускают также ленточные конвейеры с подвесной лентой. Подача горной массы на конвейер обычно осуществляется в хвостовой части через загрузочную воронку б, а разгрузка происходит при сходе ленты с головного барабана; возможна разгрузка ленты в промежуточных пунктах с помощью специальных сбрасывателей и разгрузочных тележек. Лента конвейера приводится в движение за счет сил трения, возникающих между лентой и приводным барабаном. Лента является важным элементом конвейера, ее стоимость составляет до 50 % и более

стоимости всего конвейера. Различают резиноканевые и резинотросовые ленты. Резинотканевые конвейерные ленты состоят из одной – шести синтетических тканевых прокладок с промежуточным резиновым наполнителем, а в резинотросовых, вместо тканевых прокладок применяют стальные тросы (рисунок 3.15). Ширина выпускаемых промышленностью конвейерных лент составляет от 300 до 1600 мм, прочность на разрыв — от 1500 до 3150 Н/мм.



а, в, г – типы приводов; б – эпюра натяжения ленты на приводном барабане;  
 1 – лента; 2, 3 – головные приводные и хвостовой натяжной барабаны;  
 4, 5 – ролик-опоры; 6 – загрузочная воронка;  $S_{неб}$  и  $S_{сб}$  – натяжения и набегающей на приводной барабан и сбегающей с него ленты;  
 $\alpha$  – угол обхвата барабана привода лентой

**Рисунок 3.14 – Схемы ленточных конвейеров и их приводов**



а, б – резиноканевые; в, г – резинотросовые; 1 – прокладки;  
 2 – верхняя рабочая обкладка; 3 – нижняя обкладка; 4 – ткань; 5 – трос;  
 6 – предохранительная прокладка; 7 – резиновый наполнитель

**Рисунок 3.15 – Конструкции конвейерных лент**

Ленточные конвейеры могут транспортировать горную массу по выработкам, имеющим угол наклона вверх в основном до  $18^{\circ}$ , вниз до  $16^{\circ}$ . Для транспортирования угля по наклонным шахтным стволам предназначены одно- и двухбарабанные ленточные конвейеры производительностью 5000 – 6000 т/ч

при мощности электропривода 6000 кВт; для транспортирования по капитальным горизонтальным и пологим выработкам – конвейеры производительностью 2000 – 6000 т/ч с мощностью двух- трехбарабанных приводов до 3000 кВт.

### **3.2.5 Перемещение горной массы трубопроводным транспортом**

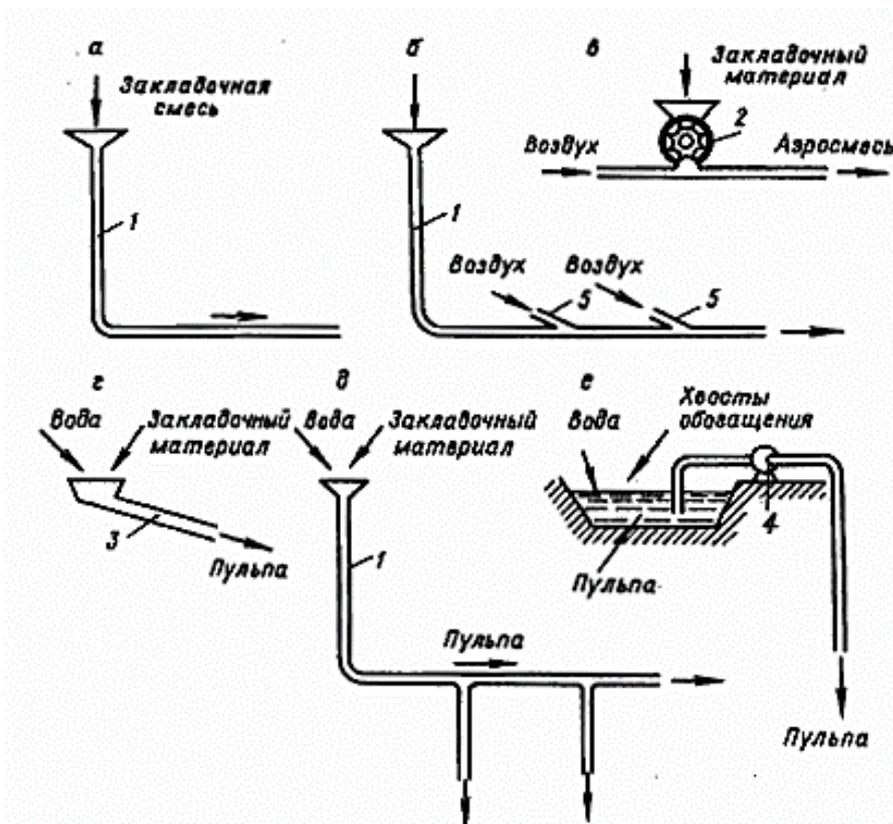
**Трубопроводный транспорт**, предназначенный для перемещения горных пород, различных материалов и смесей по трубам под действием воздуха, называют пневматическим, а под действием воды – гидравлическим. Трубопроводный транспорт обычно применяют для перемещения размытых водой угля и мягких горных пород при гидравлической добыче, для доставки в выработанное пространство закладочных материалов, заполняющих выработанное пространство и удерживающих вмещающие породы от обрушения, и других целей.

Различают самотечные, самотечно-напорные и напорные схемы транспортирования горной массы. При самотечном транспортировании горная масса или закладочные материалы перемещаются по вертикальным или наклонным трубопроводам, иногда по желобам или специально оборудованным канавам; перемещение горной массы по наклонным магистралям имеет место при выемке полезных ископаемых гидромониторами. При самотечно-напорном транспортировании горных пород и материалов расстояние их доставки увеличивается за счет энергии сжатого воздуха, подаваемого в горизонтальную часть трубопровода через пневмоэжекторы, которые соединены с воздушной магистралью. При напорном транспортировании горная масса смешивается с воздухом или водой и перемещается под их напором по трубопроводам (рисунок 3.16).

При напорном пневматическом транспортировании сухой закладки (закладочным материалом может быть лишь неабразивная дробленая порода с кусками крупностью 5 – 80 мм) дальность ее перемещения составляет 20 – 80 м, производительность – 30 – 60 м<sup>3</sup>/ч, расход сжатого воздуха – около 150 м на 1 м закладочного материала.

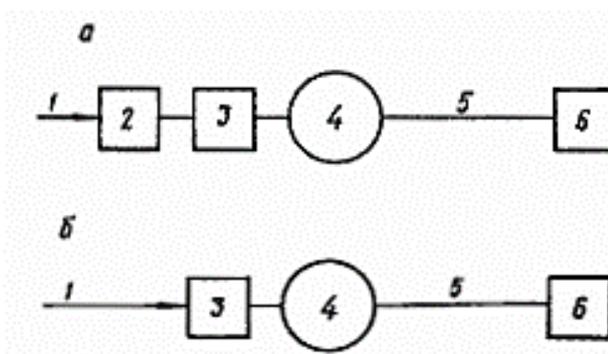
При подземной разработке месторождений угля применяют *гидравлический транспорт* для перемещения полезного ископаемого от очистного забоя по выработкам шахты, а также для подъема его на земную поверхность и передачи потребителю. Схема гидротранспорта при этом может быть комбинированной: самотечной от очистного забоя до участковой станции напорного гидротранспорта и далее напорной до узла приемки гидросмеси (рисунок 3.17). Участковые станции напорного гидротранспорта состоят из приемных пульпосборников, пунктов приготовления гидросмеси и углесосов.

Гидросмесь от участковых напорных станций транспортируют по бесшовным стальным трубам диаметром 219 – 426 мм, соединенным в плети.



а, г, д – самотечного; б – самотечно-напорного; в, е – напорного;  
 1 – вертикальная часть, трубопроводной магистрали; 2 – дозатор;  
 3 – наклонная часть трубопровода; 4 – насос;  
 5 – трубопроводные магистрали для сжатого воздуха

### 3.16 – Схемы трубопроводного транспорта



а – с приготовлением гидросмеси; б – без приготовления гидросмеси (по своим свойствам смесь уже пригодна для транспортирования)

1 – направление движения гидросмеси при самотечном гидротранспорте; 2 – узел приготовления гидросмеси (дробление, грохочение и т.п.); 3 – зумпы (бункер); 4 – станция напорного гидротранспорта; 5 – напорный трубопровод; 6 – узел приемки гидросмеси

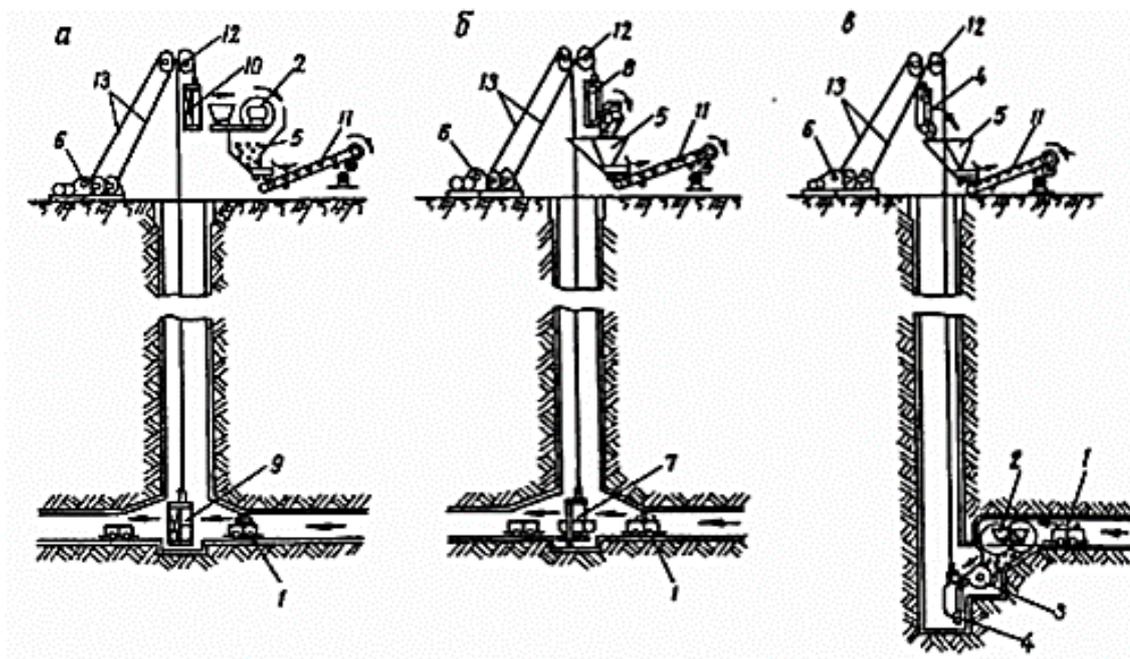
### 3.17 – Блок-схемы напорного гидротранспорта

### 3.2.6 Перемещение горной массы подъемными установками

Подъемные установки предназначены для перемещения горной массы на земную поверхность по вертикальным или наклонным шахтным стволам. Подъемные установки состоят из надшахтных сооружений, называемых копрами, подъемных машин, подъемных сосудов, канатов, систем управления, сигнализации и связи.

Подъемная машина состоит из лебедки с электрическим приводом, рабочей и аварийной тормозных систем, контрольно-измерительной аппаратуры и системы сигнализации. Различают подъемные машины с одним или двумя цилиндрическими и коническими или бицилиндроконическими барабанами и шкивами трения. На шахтах глубиной до 300 – 350 м применяют подъемные машины с барабанами диаметром не более 3 м, при глубинах 400 – 700 м шахтный подъем оснащают обычно машинами с двумя цилиндрическими барабанами, при глубинах 800 – 900 м и более на шахтном подъеме используют машины с бицилиндроконическими барабанами, обеспечивающими снижение неуравновешенных нагрузок.

В качестве подъемных сосудов в шахтных стволах применяют клетки и скипы (рисунок 3.18).



а – с простыми клетями; б – с опрокидными клетями; в – скиповой;  
1 – груженная вагонетка; 2 – круговой опрокидыватель; 3 – дозатор; 4 – скип; 5 – бункер с питателем; 6 – подъемная машина; 7 – опрокидная клеть в положении загрузки; 8 – опрокидная клеть в положении разгрузки; 9 – простая клеть в положении загрузки; 10 – простая клеть в положении разгрузки; 11 – ленточный конвейер; 12 – шкив; 13 – подъемные канаты

**Рисунок 3.18 – Подъем полезного ископаемого и породы на земную поверхность по вертикальным шахтным стволам**

*Клеть* представляет собой подъемный сосуд в виде платформы, укрепленной на каркасной раме с крышей и дверцами. В клетях спускают и поднимают людей, вагонетки с горной породой и другие грузы. Грузные вагонетки закатывают в клеть в околоствольном дворе шахты, поднимают на поверхность, выкатывают из клетки, разгружают и снова закатывают в клеть для спуска в шахту. Клетки могут быть одно- и многоэтажными. Каждая клетка оснащается специальным устройством, которое называют парашютом, автоматически останавливающим клетку путем захвата проводников, по которым она перемещается, при обрыве каната.

*Скип* – подъемный сосуд, предназначенный для транспортирования по шахтному стволу горной породы и представляющий собой металлический ящик, шарнирно закрепленный на подвесной раме. Скипы бывают опрокидными, т.е. с разгрузкой на земной поверхности через откидное дно, и опрокидными, которые в разгрузочном устройстве поворачиваются вокруг шарнира на угол, необходимый для высыпания из них породы. Скипы вмещают от 12 – 15 т и более породы.

*Канаты* – ответственная часть подъемной машины, обеспечивающая безопасность ее работы. Канаты состоят из проволочных прядей, свитых вокруг пенькового сердечника, диаметр проволок, которую изготавливают из высококачественной стали, составляет 1,2 – 3 мм, диаметр канатов достигает 50 – 70 мм.

Обычно подъемная машина работает с двумя подъемными сосудами: в то время как один из них поднимается по стволу, другой опускается вниз. При одном подъемном сосуде для уравновешивания системы применяют противовесы.

В зависимости от типа и количества подъемных сосудов различают шахтные стволы клетевые, скиповые и скипоклетевые.

## ГЛАВА 4 ПОДДЕРЖАНИЕ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

### 4.1 Понятие о горном давлении

Горные породы, расположенные ниже земной поверхности, подвержены действию гравитационных сил. По мере увеличения глубины залегания эти породы испытывают все большие напряжения, но не разрушаются, так как окружающие породы массива также напряжены и противодействуют развитию в какой-либо отдельной его части разрушающих деформаций. Таким образом, общее состояние напряженного массива горных пород – равновесное. Оно изменяется во времени под действием естественных процессов, протекающих в земных недрах. На некоторых участках земной коры эти изменения происходят медленно, за периоды времени, сравнимые с геологическими эпохами, на других, называемых обычно тектонически активными, могут происходить практически мгновенно.

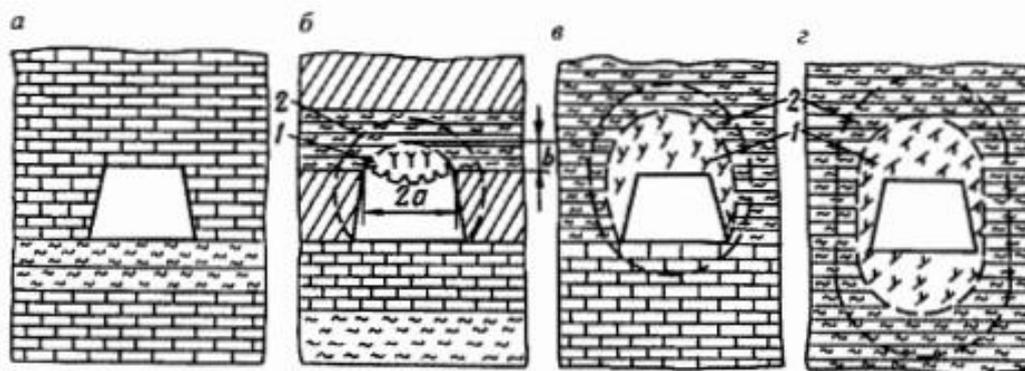
Для получения общего представления о напряженном состоянии массивов и возникающих в них напряжениях допускается рассматривать горные породы как однородные изотропные твердые среды.

Под напряжениями понимается поверхностная плотность внутренних сил; под изотропной средой – горная порода, свойства которой в любом направлении одинаковы. Реальные массивы горных пород представляют собой, как правило, более сложные физические системы. Поэтому для получения численных значений напряжений, возникающих в горных породах, требуется внесение корректив в точные решения математических задач, иногда весьма существенных.

В процессе создания горной выработки в массиве равновесное состояние пород нарушается. В окружающем выработку массиве появляются неуравновешенные силы, совокупность которых создает напряженное состояние, называемое *горным давлением*. В массиве пород вокруг горных выработок появляются области с различными значениями напряжений.

Горное давление в массиве пород создает вокруг горной выработки область повышенных напряжений. Размеры этой области зависят от величины горного давления и свойств горных пород. Внутри области повышенных напряжений, ближе к контуру выработки, может образоваться область пониженных напряжений, в пределах которой горные породы существенно теряют устойчивость (рисунок 4.1). На напряженное состояние массива вокруг выработок оказывают влияние также тектонические силы, действующие не в вертикальном направлении.

Горное давление может проявляться в горных выработках в различной форме: опускание кровли и пучение почвы, появление трещин, отслаивание и выпадение отдельных кусков породы, вывалы больших объемов пород.



а – устойчивый массив; б – кровля неустойчива, стенки и почва устойчивы; в – кровля и стенки неустойчивы, почва – устойчива; г – кровля, стенки, почва неустойчивы; 1, 2 – области пониженных и повышенных напряжений; 2а, б – ширина и высота свода обрушения

**Рисунок 4.1 – Схематическое изображение массива, окружающего выработки, в зависимости от свойств пород**

Проявления горного давления могут быть длительными во времени и быстропотекающими, их называют динамическими проявлениями горного давления. К ним относят внезапный выброс угля и газа, горный удар.

Горное давление считают *установившимся*, когда дальнейшего изменения напряжений в массиве пород и деформаций, т.е. смещений горных пород в кровле и стенках выработок, не происходит, и *неустановившимся*, в этом случае процесс деформирования, т.е. смещения пород, окружающих горную выработку, затухает медленно и продолжается еще некоторое время, например, недели, месяцы и т.п. При наличии неустановившегося горного давления дополнительное смещение контура выработки в зависимости от величины горного давления и свойств пород может достигать значений от нескольких до десятков сантиметров.

## 4.2 Способы поддержания подземных горных выработок

Под термином «*поддержание выработок*» понимают комплекс, т.е. совокупность работ, выполняемых для сохранения горных выработок в течение всего периода их эксплуатации в условиях статического действия горного давления, а также для предотвращения внезапных динамических проявлений горного давления.

Применяются следующие *способы поддержания* подземных горных выработок: придание выработкам наиболее устойчивых форм и размеров поперечного сечения с учетом величины и направления максимальных действующих в массиве напряжений; крепление горных выработок; закладка выработанного пространства специальными смесями материалов и

обрушенными горными породами; упрочнение прилегающего к выработкам массива горных пород.

В горном деле используют также термин «управление горным давлением», под которым понимают совокупность мероприятий, регулирующих проявления горного давления в очистных забоях и прилегающих выработках.

На выбор способа поддержания горных выработок в конкретных горно-геологических и горно-технологических условиях основное влияние оказывает устойчивость горных пород, т.е. их способность сохранять равновесное состояние при появлении поверхностей обнажения.

Устойчивость горных пород зависит от их механических, прежде всего прочностных свойств, а также от структуры массива и его напряженного состояния.

По устойчивости различают следующие горные породы:

– весьма неустойчивые, которые не могут находиться в равновесии без крепления при обнажении кровли и боков выработки; к ним относятся сыпучие, рыхлые, пльвунные породы, эти породы обрушаются самопроизвольно вслед за продвижением забоя;

– неустойчивые, допускают небольшие по площади обнажения кровли и боков выработки в призабойном пространстве шириной до 1 м в течение нескольких часов; требуют прочного поддержания непосредственно после выемки пород;

– средней устойчивости, допускают обнажение без поддержания непосредственно после выемки в призабойном пространстве шириной до 2 м; необходимость поддержания появляется со временем, при выемке пластов угля – в течение одних суток;

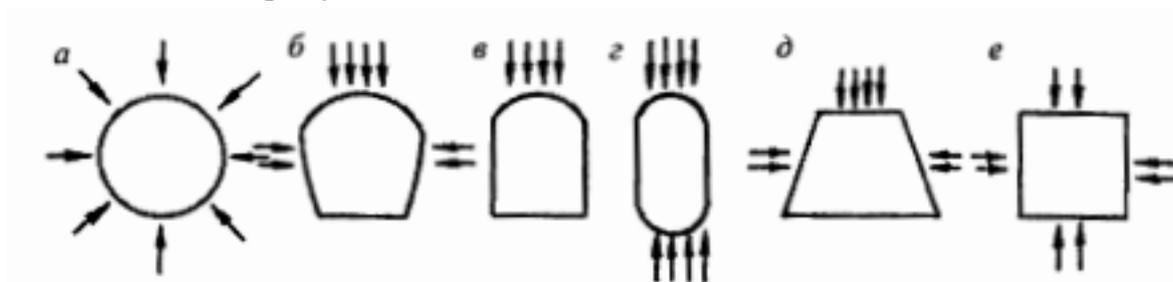
устойчивые, допускают значительные обнажения и нуждаются в креплении лишь в отдельных местах, при выемке угольных пластов – сохраняют устойчивость в призабойной полосе шириной до 3 м в течение двух суток;

– весьма устойчивые, допускают большие площади обнажения и не требуют поддержания, при выемке угольных пластов они сохраняют устойчивость в призабойной полосе шириной 5 – 6 м длительное время.

#### **4.2.1 Поддержание выработок посредством придания им специальной формы поперечного сечения**

Форму и размеры поперечного сечения горных выработок выбирают в зависимости от свойств окружающих горных пород, величины и направления действия максимальных сжимающих напряжений, назначения выработок и срока их службы.

Формы поперечного сечения горных выработок большой протяженности, таких как шахтные стволы, квершлагги, штольни, штреки, бремсберги, гезенки и другие показаны на рисунке 4.2.



а – круглая; б – подковообразная; в – арочная; г – овальная;  
д – трапециевидная; е – прямоугольная

**Рисунок 4.2 – Формы поперечного сечения горных выработок в зависимости от направления действующих в массиве наибольших напряжений**

Наиболее устойчивой формой поперечного сечения выработки является круглая, применяющаяся при значительном всестороннем горном давлении; круглую форму поперечного сечения придают обычно вертикальным выработкам – шахтным стволам, капитальным рудоспускам, а также горизонтальным выработкам – штольням, тоннелям. При давлении, оказываемом преимущественно сверху, применяют арочную, трапециевидную, прямоугольную формы поперечного сечения выработок. Форма поперечного сечения камерных выработок, образующихся в результате выемки полезного ископаемого, обычно бывает прямоугольной, реже арочной. Устойчивость камер определяется их допустимыми размерами – высотой и шириной, – зависящими от свойств окружающих горных пород.

#### 4.2.2 Поддержание выработок креплением

*Крепление* горных выработок является наиболее распространенным способом их поддержания и представляет собой совокупность работ по возведению горной крепи. По отношению к горной крепи применяют также термины «шахтная», «рудничная», в тоннелестроении – «обделка».

*Крепью* называют искусственное сооружение, предназначенное для сохранения необходимых размеров выработок и предотвращения обрушения вмещающих пород. Крепь должна быть прочной и устойчивой, безопасной в пожарном отношении, дешевой, иногда водонепроницаемой. Хорошее состояние крепи горных выработок создает безопасные и удобные условия работы и передвижения горнорабочих, обеспечивает производительную работу подземного транспорта, нормальное проветривание выработок. Важным

достоинством крепи является возможность механизации ее возведения и при необходимости демонтажа.

Конструкция крепи горной выработки должна быть такой, чтобы крепь взаимодействовала с окружающим выработку массивом, воспринимала его нагрузки и в то же время содействовала затуханию деформаций в горных породах. По этому признаку различают крепи жесткие — их возводят в горных выработках, находящихся в массивах с установившимся горным давлением, и податливые, которые возводят в выработках с неустановившимся горным давлением.

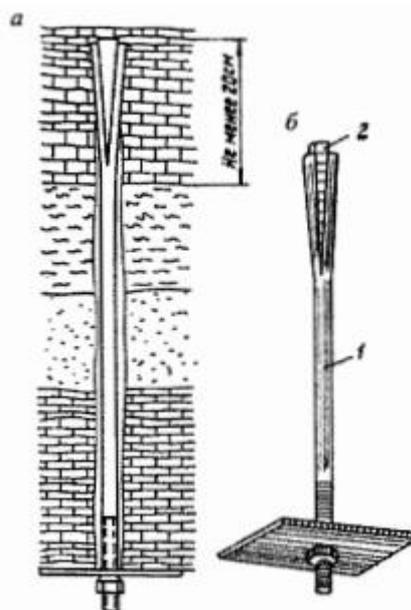
#### Материалы и изделия для крепления горных выработок

Для изготовления крепи горных выработок применяют бетон и железобетон, металлические сплавы, камни, полимерные и композиционные материалы, дерево.

*Бетон* – искусственный материал, образующийся в результате затвердевания смеси из песка, щебня или гравия, вяжущего вещества и воды, при изготовлении бетона в качестве вяжущего вещества применяют в основном цемент. В связи с тем, что свежеприготовленный бетон представляет подвижную массу, для его удержания в месте возведения крепи до затвердевания устраивают специальные ограждения из дерева или металла, называемые опалубкой. После затвердевания бетона опалубку убирают.

*Железобетоном* называют сочетание двух материалов: бетона и стали в виде прутьев, полос, решеток и сеток, называемых арматурой и работающих так, что силы растяжения воспринимаются элементами арматуры, а силы сжатия – совместно арматурой и бетоном. Железобетонную крепь различают монолитную и сборную. Монолитную крепь устанавливают следующим образом: на месте устройства крепи, как говорят, вяжут стальную арматуру, устанавливают опалубку и заполняют бетоном пространство между стенкой выработки и опалубкой. Элементы сборной железобетонной крепи – стойки, верхняки, соединительные детали – изготавливают на заводе, доставляют в горные выработки и в них устанавливают крепь.

Стальные стержни применяют для изготовления клинощелевых штанг анкерной крепи, железобетонных и сталеполимерных штанг. Наиболее простой по конструкции является клинощелевая штанга (рисунок 4.3). Она состоит из стального стержня 1 диаметром 20 – 25 мм длиной до 3 м, на одном конце которого имеется продольная клинообразная прорезь (щель) шириной 3 – 5 мм. Для закрепления штанги в шпуре в прорезь на конце штанги вставляют клин 2, клином вперед штангу вставляют в шпур и наносят удары по выступающему из шпура штанги. При этом клин, внедряясь в прорезь, будет расширять ее и за счет распора в шпуре штанга закрепится в породе. На выступающем из шпура конце стержня гайкой закрепляют пластину, плотно прижимая ее к породе.



**Рисунок 4.3 – Схема анкерного крепления (а) и клинощелевой штанги (б)**

Разработаны анкеры из полимерных композиционных материалов, выдерживающие нагрузку на разрыв до 100 кН. Для крепления горных выработок широко используют сталеполимерные анкеры, у которых стержень выполнен из арматурного прутка диаметром 16 – 20 мм, а крепежные детали – из полимеров. Для закрепления анкеров в шпурах и скважинах применяют цементно-песчаные растворы и полимерные составы.

Расширяется использование *полимерных и композиционных* порошковых, волокнистых и слоистых материалов, таких как стекловолокниты, стеклотекстолиты и другие для изготовления элементов крепи горных выработок, применяющихся в качестве затяжки кровли и стенок выработок, а также для устройства других ограждающих сооружений. Материалы и изделия из других материалов обладают по сравнению с металлическими такими важными преимуществами, как коррозионная стойкость, меньшая плотность и соответственно меньшие масса и размеры изделий, а по сравнению с деревянными – стойкостью против гниения и огнестойкостью. Композиционные материалы имеют сравнительно высокие прочностные и упругие свойства.

*Древесину* как материал для крепи горных выработок применяют, во первых, при небольшом сроке службы подземных выработок, во-вторых, в качестве временной крепи до возведения постоянной из более долговечных материалов и, в-третьих, в качестве основной крепи для поддержания камерных выработок при использовании технологии слоевой выемки полезного ископаемого. Однако материалы из древесины имеют достаточно широкую область применения в качестве отдельных элементов в других видах крепи горных выработок. Это обусловлено свойствами древесины. Удельная прочность ее при растяжении вдоль волокон приблизительно такая же, как у

высокопрочной стали и стеклопластика. Под удельной прочностью материала понимают отношение предела прочности к объемному весу.

Для крепления горных выработок применяют бревна диаметром более 12 см преимущественно из сосны и пиломатериал в виде досок, обрезных и необрезных, представляющих собой изделия толщиной не более 100 мм и шириной в три и более раз больше толщины; брусков – изделий толщиной <100 мм, но в отличие от досок шириной меньше их трехкратной толщины; брусьев – изделий, имеющих ширину и толщину более 100 мм; шпал – изделий в виде брусьев из сосны, ели, лиственницы и пихты; горбыля, представляющего собой срезанные при распиловке боковые части бревен.

Пиломатериалы из хвойных пород деревьев изготавливают в заводских условиях длиной 1 – 6,5 м с градацией через 0,25 м; на местах применения изделия из древесины подгоняют под нужную длину.

Долговечность древесины существенно зависит от условий эксплуатации крепи в подземных выработках. Для предотвращения преждевременного гниения древесины обрабатывают специальными растворами таких веществ, как фтористый натрий (NaF), кремнефтористый натрий ( $\text{Na}_2\text{SiF}_6$ ), хлористый цинк, медный купорос, динитрофелат натрия и многие другие. Большинство антисептиков токсичны. Одним из лучших антисептиков для шпал и других изделий, работающих в аналогичных условиях, является каменноугольное креозотовое масло, которое получают при дистилляции (при 250 – 280 °C) каменноугольного дегтя и применяют в нагретом до температуры 50 – 60 °C состоянии. Масло обладает сильным антисептирующим действием, не выщелачивается, не оказывает вредного действия на древесину и металл.

*Каменные природные и искусственные материалы* в виде кирпича, обработанных и необработанных блоков природного камня, формованных литых изделий из горных пород имеют ограниченное применение лишь при небольших объемах работ по устройству поддерживающих и ограждающих сооружений в горных выработках.

#### Виды, конструкции и применение металлических крепей

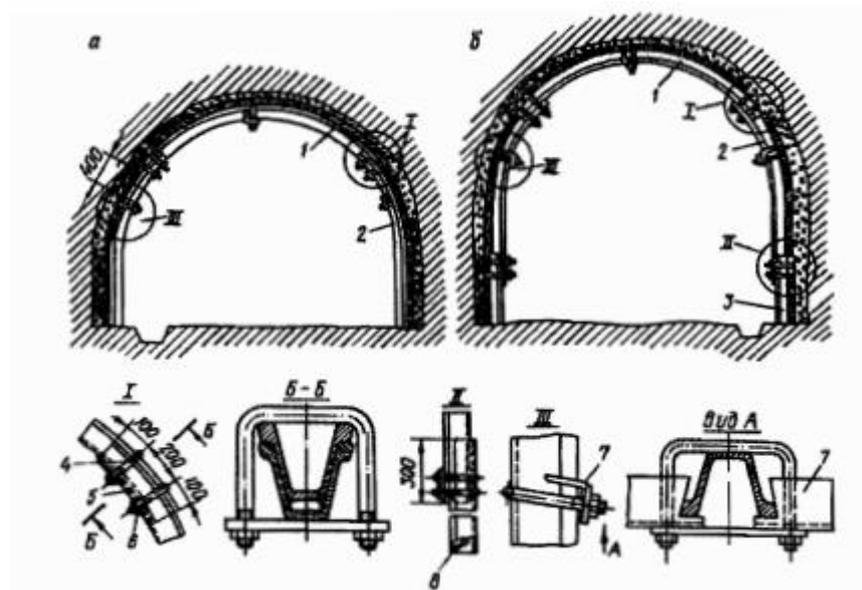
*Металлическая крепь* широко применяется для поддержания подготовительных и капитальных горных выработок, а также кровли очистных забоев при выемке пластообразных залежей.

Металлическая крепь для подготовительных и капитальных горных выработок применяется в виде сборных рамных конструкций и штанговой крепи.

*Сборные рамные конструкции* состоят из отдельных несущих рам, устанавливаемых с определенным интервалом вдоль выработки. Используют податливые и жесткие крепи арочного, кольцевого, трапециевидного типа.

*Арочные податливые крепи* – трех- и пятизвенные, применяют в породах средней устойчивости и в неустойчивых со смещением до 300 мм и более. Крепь

состоит из отдельных арок, устанавливаемых с интервалом 0,4 – 1,2 м и соединяемых между собой в трех местах металлическими стяжками, пролеты между смежными арками перекрывают железобетонными, деревянными или металлическими затяжками. Арка трехзвенной арочной крепи (рисунок 4.4) состоит из верхняка и двух боковых стоек. Звенья арки соединены между собой с помощью скоб, планок и гаек. Межрамные стяжки изготавливают из уголкового профиля; для опоры на почву внутри нижней части боковых стоек устанавливают специальные диафрагмы, в очень слабых породах арки опирают на деревянные башмаки. Податливость крепи обеспечивается за счет скольжения верхняка и стоек в местах их соединения при нагрузках, превышающих силу трения.



а – трехзвенная; б – пятизвенная;

1 – верхняк; 2 – боковые стойки; 3 – податливые ножки; 4, 5, 6 – скобы, планки, гайки; 7 – межрамные стяжки; 8 – диафрагма

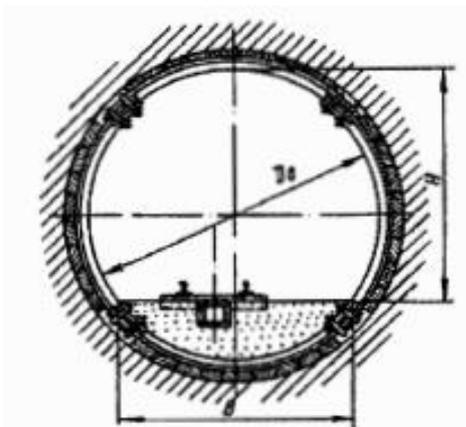
**Рисунок 4.4 – Арочная металлическая податливая крепь**

*Кольцевая податливая крепь* (рисунок 4.5) применяется в неустойчивых горных породах, при пучении почвы и значительном всестороннем давлении. Крепь состоит из четырех сегментов, соединенных узлами податливости; кольцевые рамы крепи скреплены между собой межрамными стяжками.

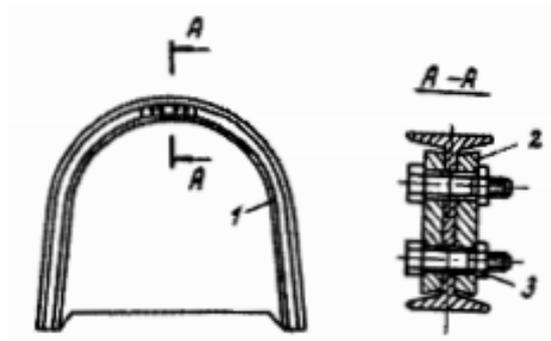
*Арочная жесткая крепь* (рисунок 4.6) выполняется из отдельных арок, каждая из которых собирается из двух криволинейных элементов 1, изготавливаемых из двутавровых балок и соединяемых между собой планками 2 и болтами 3.

*Арочная шарнирная крепь* (рисунок 4.7) состоит из изогнутых двутавровых балок или рельсов 1, стоек 2 с приваренными к ним башмаками 3, которые, охватывая деревянный прогон 4, образуют шарнир. По длине каждого прогона

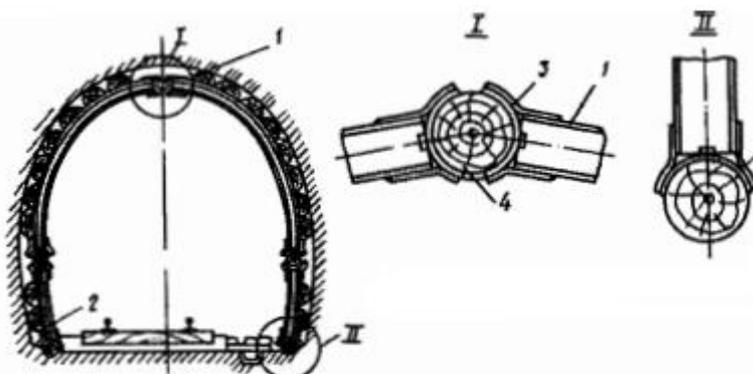
(бревна) монтируют две-три арки, прогоны по длине соединяют между собой скобами.



**Рисунок 4.5 – Кольцевая металлическая податливая крепь**



**Рисунок 4.6 – Арочная металлическая жесткая крепь**



**Рисунок 4.7 – Арочная шарнирная крепь**

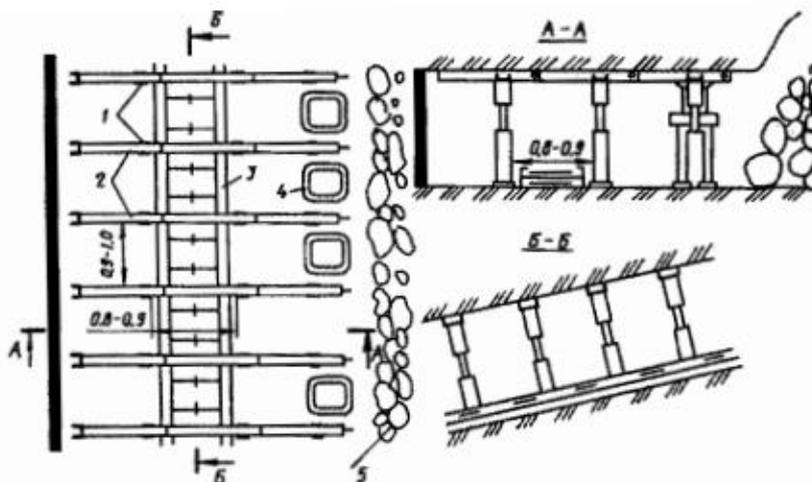
Металлическая крепь для очистных забоев является одним из основных компонентов комплексов оборудования, применяемого при выемке полезных ископаемых из пластов и пластообразных залежей угля, руд и солей. От качественного и своевременного крепления очистного забоя зависит не только производительная работа людей и механизмов, но и безопасность работ.

По принципу работы и конструктивному исполнению все металлические крепи разделяют на индивидуальные и механизированные.

*Индивидуальная крепь* состоит из несущих и поддерживающих элементов – стоек и верхняков, устанавливаемых совместно и разбираемых полностью или частично при переноске. Индивидуальную крепь различают призабойную и посадочную (рисунок 4.8).

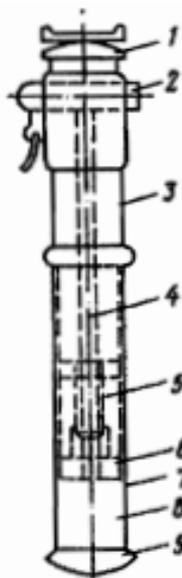
*Призабойная крепь* представляет собой стойки, установленные под верхняками правильными рядами вдоль забоя. Назначение призабойной крепи – предотвращение обрушения пород кровли в процессе выемки полезного ископаемого. В призабойной крепи применяют стойки трения и гидравлические.

Наиболее широкое использование имеют гидравлические стойки (рисунок 4.9), состоящие из внешнего цилиндра – корпуса, внутри которого размещена выдвижная часть – шток с поршнем и насосом. При установке стойки рабочая жидкость перекачивается насосом из выдвижной части в полость корпуса, раздвигая стойку и распирая ее между почвой и кровлей горной выработки. При повышении горного давления часть рабочей жидкости может перелиться из полости корпуса в выдвижную часть стойки через разгрузочный клапан. Металлические верхняки представляют собой литую или сварную балку коробчатого поперечного сечения, на концах которой находятся соединительные устройства: вилка и проушина; с помощью этих устройств верхняки соединяют между собой, образуя над стойками сплошную ленточную крепь.



1 – металлические призабойные стойки; 2 – верхняки; 3 – скребковый конвейер;  
4 – посадочная крепь; 5 – обрушенная горная порода кровли

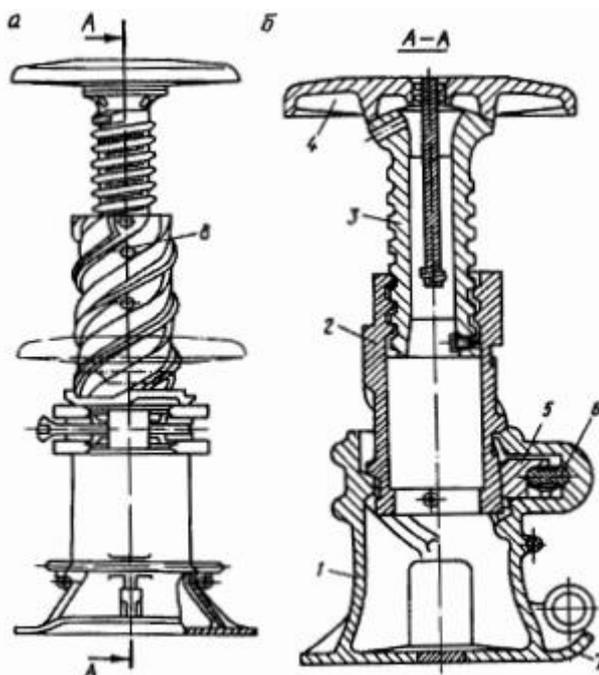
**Рисунок 4.8 – Схема установки индивидуальной крепи**



1 – насадка; 2 – промежуточный корпус; 3 – шток; 4 – трубка; 5 – насос; 6 – поршень; 7 – корпус; 8 – полость корпуса; 9 – нижняя опора

**Рисунок 4.9 – Гидравлическая стойка призабойной крепи**

*Посадочная крепь* применяется для периодического порционного разрушения пород кровли за пределами призабойного пространства по заданной линии «обреза» кровли. Посадочная крепь состоит из посадочных стоек, основными частями которых являются (рисунок 4.10) основание, основной и настроечный винты, насадка и замковое устройство с горизонтальным клином. Посадочные стойки устанавливают обычно в один ряд параллельно линии забоя по границе призабойного пространства. Передвижку крепи на место установки осуществляют вручную. Установка крепи заключается в выдвигении основного винта до соприкосновения насадки с кровлей путем вращения винта, расклинивании стойки с помощью горизонтального клина и ее распора с использованием настроечного винта.



- 1 – основание; 2 – основной винт; 3 – настроечный винт; 4 – насадка;  
 5 – замковое устройство; 6 – горизонтальный клин; 7 – опорная плита;  
 8 – отверстие в основном винте

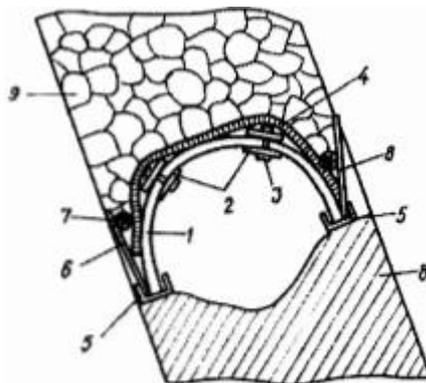
**Рисунок 4.10 – Посадочная стойка**

Посадочные стойки выпускают семи типоразмеров для пластов мощностью от 0,45 до 2 м, масса посадочной стойки от 96 до 367 кг.

*Механизированные крепи* различают секционные, состоящие из отдельных секций без постоянных силовых и кинематических связей между собой и другим оборудованием очистного забоя; комплектные, состоящие из двух и более комплектов секций, подвижно связанных между собой; агрегатные, состоящие из отдельных секций, имеющих постоянную силовую и кинематическую связь между собой и другим оборудованием очистного забоя. Процессы передвижки и установки этих крепей механизированы.

Механизированная крепь является самопередвигающейся. Она ограждает призабойное пространство, управляет обрушением налегающих пород и передвигает став призабойного скребковоо конвейера вслед за подвиганием очистного забоя. Механизированные крепи в основном гидрофицированы. Крепь должна обеспечивать выполнение всех технологических операций со скоростью, не менее максимальной скорости движения очистного комбайна, во взаимосвязи с которым она работает.

*Металлические щитовые крепи* применяют для ограждения очистных работ на крутопадающих пластах угля. При ведении выемочных работ по падению пласта сверху вниз для передвижения крепи используют собственный вес щитовой крепи и давление налегающих обрушенных пород. Например, при разработке угольных пластов мощностью 2,3 – 2,5 м используют арочную щитовую крепь (рисунок 4.11), состоящую из арок, установленных на опорные балки и соединенных между собой металлическими полосами, стянутыми болтами; сверху на щит укладывают металлическую сетку.



1 – металлическая арка; 2 – соединительные полосы; 3 – болтовое соединение; 4 – металлическая сетка; 5 – опорные балки; 6 – прогоны; 7 – деревянные брусья; 8 угольный пласт; 9 – обрушенные породы

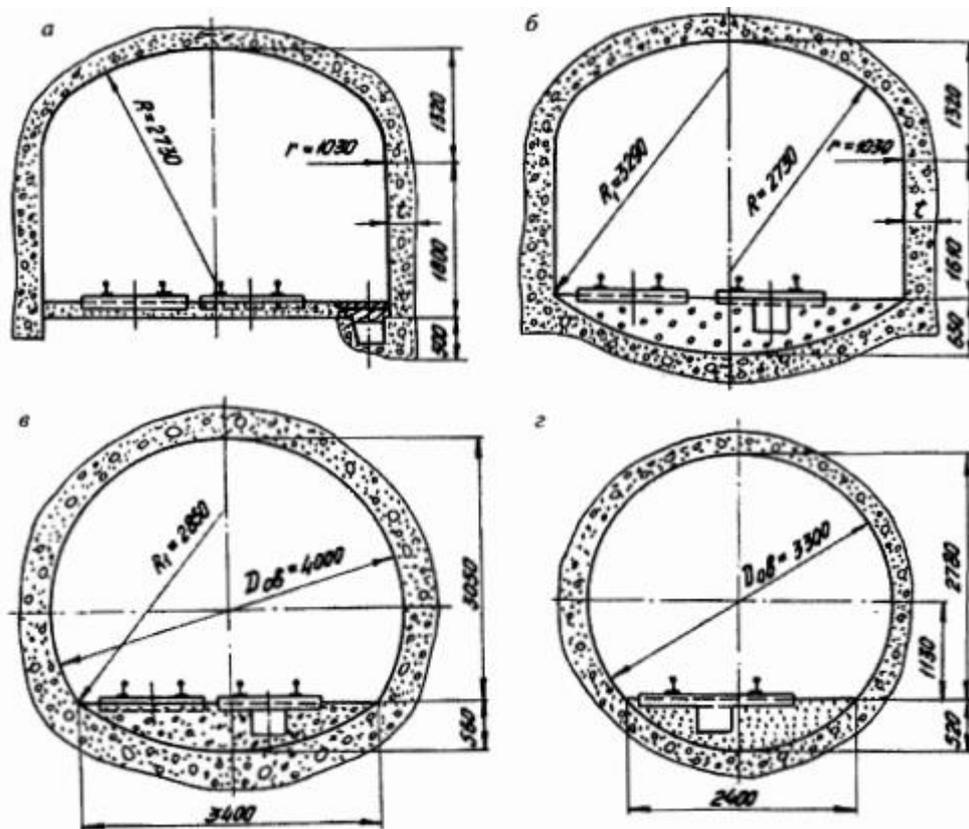
**Рисунок 4.11 – Арочная щитовая крепь**

#### Виды, конструкции и применение крепей на основе бетонов

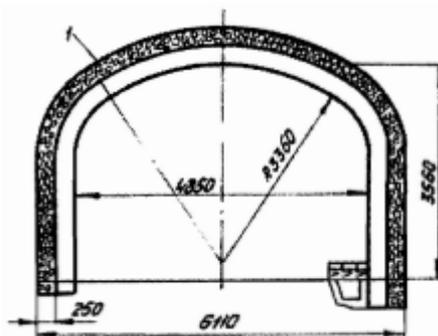
Бетонная, железобетонная и каменная крепи представляют собой сплошные оболочки горной выработки, жестко или податливо связанные внешними поверхностями с окружающими породами.

В *горизонтальных и пологих выработках* применяют *бетонную крепь*, главным образом, сводчатой формы (рисунок 4.12, а). Свод воспринимает давление пород сверху, передает его на стенки, которые служат опорами свода и удерживают боковые породы от обрушения; стенки свода опираются на фундаменты, уложенные в почве выработки. В неустойчивых породах и при пучении почвы сводчатая крепь дополняется обратным сводом (рисунок 4.12, б). В весьма неустойчивых породах применяют арочную крепь с обратным сводом (рисунок 4.12, в) и цилиндрическую (рисунок 4.12, г). Толщина свода может

составлять 170 – 450 мм, толщина стен – 200 – 400 мм, толщина обратного свода – 200 – 600 мм. Для придания бетонной крепи податливости разработана двухслойная крепь (рисунок 4.13), в которой в качестве податливого слоя 1 использована смесь котельного шлака с породной мелочью.

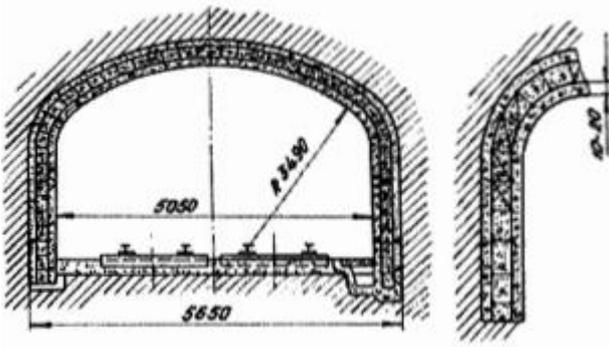


**Рисунок 4.12 – Монолитная бетонная крепь**

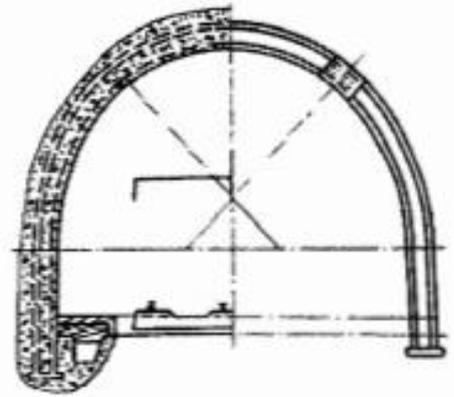


**Рисунок 4.13 – Монолитная бетонная крепь с податливым слоем**

Для крепления выработок в неустойчивых породах при неравномерных нагрузках применяют железобетонную крепь с гибкой арматурой (рисунок 4.14). Каркас крепи состоит из рабочей арматуры диаметром 8 – 25 мм, а также из распределительной и монтажной круглой стали диаметром 5 – 12 мм. Со стороны свободного пространства выработки арматуру закрывают слоем бетона толщиной 10 – 20 мм для предотвращения коррозии. В весьма неустойчивых породах используют железобетонную крепь с жесткой арматурой (рисунок 4.15); крепь состоит из жестких металлических арок в монолитном бетоне.



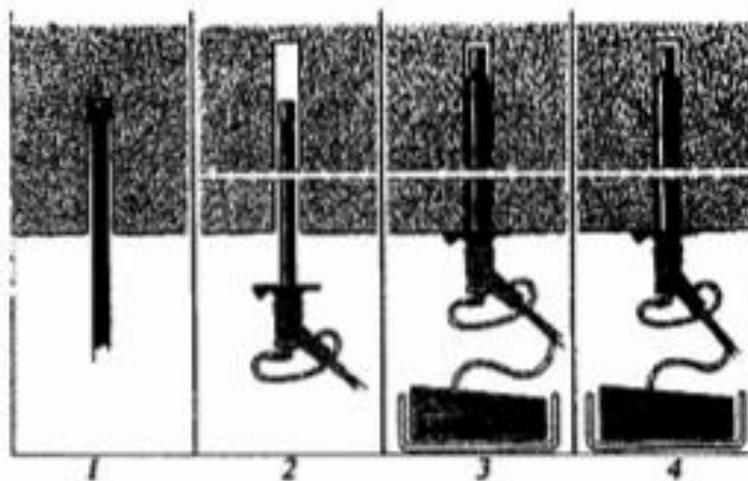
**Рисунок 4.14 – Монолитная железобетонная крепь с гибкой арматурой**



**Рисунок 4.15 – Железобетонная крепь с жесткой арматурой**

*Набрызгбетонная крепь* является разновидностью монолитной бетонной крепи и предназначена для крепления горных выработок, пройденных в устойчивых малотрещиноватых породах вне зоны влияния очистных работ. Наиболее широкое распространение этот вид крепи получил в горно-рудном производстве. Набрызгбетонную крепь наносят на поверхность горной породы в выработке с помощью специальных машин, при возведении этой крепи опалубка не применяется. Назначение набрызгбетонной крепи – предотвращение отслоений и вывалов кусков породы, а в сочетании со штанговой крепью – упрочнение вмещающих пород.

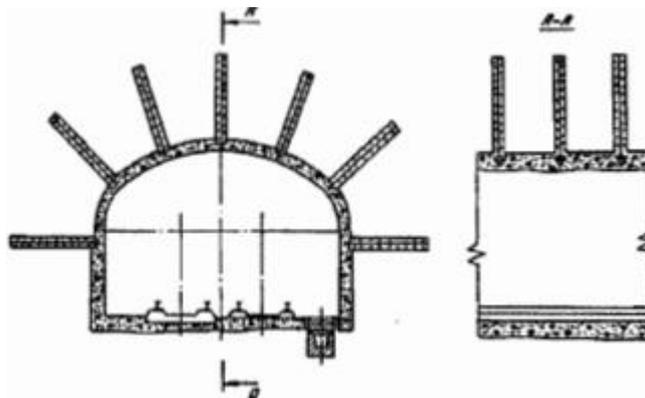
*Штанговая крепь* представляет собой сплошные или трубчатые, металлические или полимерные штанги, устанавливаемые в шпур или скважины, которые пробурены в кровле, иногда в стенках горной выработки. Штанги прочно укрепляют цементным раствором или полимерными составами, нагнетаемыми в шпур или скважины (рисунок 4.16).



1 – бурение шпура; 2 – введение штанги в шпур; 3 – начало нагнетания раствора в шпур; 4 – окончание нагнетания раствора

**Рисунок 4.16 – Схема установки штанговой крепи**

Для предотвращения разъединения слоев, пачек горных пород и тем самым для повышения устойчивости горных выработок применяют комбинированную крепь из набрызгбетона и стальных штанг (рисунок 4.17).



**Рисунок 4.17 – Комбинированная крепь из набрызгбетона и штанг**

При необходимости между штангами устанавливают затяжку в виде металлических профилей или сетки. Штанговую крепь применяют для поддержания кровли камерных выработок при очистной выемке полезных ископаемых, а также капитальных и подготовительных выработок.

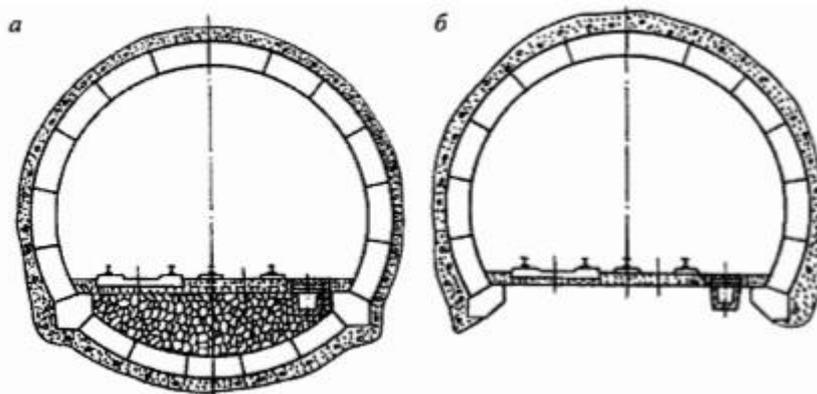
Для набрызгбетонных крепей применяют быстротвердеющие цементы высоких марок, не ниже М400, со сроками начала схватывания 5 – 7 мин и окончания схватывания 10 – 15 мин. Расход цемента на 1 м бетонной смеси – 350 – 400 кг, водоцементное отношение – 0,4 – 0,5. Толщина покрытия стенок выработки слоем бетона определяется устойчивостью закрепляемых горных пород и может изменяться от 2 до 8 см.

Бетонная и железобетонная крепи могут представлять собой сборную сплошную конструкцию или состоять из отдельных элементов: блоков, тубингов, панелей, изготавливаемых на заводах.

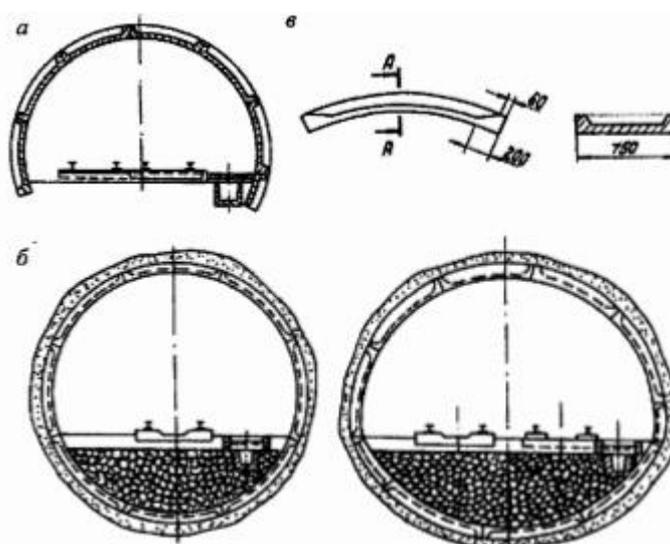
*Блочная бетонная крепь* может быть с замкнутым (рисунок 4.18, а) и незамкнутым (рисунок 4.18, б) контуром. Крепь с замкнутым контуром предназначена для капитальных выработок, сооружаемых в неустойчивых горных породах при всестороннем горном давлении. Крепь с незамкнутым контуром применяют в выработках, проведенных в породах средней устойчивости при отсутствии пучения почвы. Бетонные блоки укладывают свободно; между ними помещают деревянные прокладки толщиной 32 мм, что обеспечивает податливость крепи до 300 – 350 мм. Размеры бетонных блоков: ширина – 500 мм, толщина – 300–400 мм. Пространство между внешним контуром блочной крепи и поверхностью горной породы заполняют обычно горной массой или другими материалами.

*Железобетонная тубинговая крепь* предназначена для крепления протяженных капитальных горных выработок, проводимых в породах средней

устойчивости и неустойчивых. Крепь может иметь арочную форму с незамкнутым (рисунок 4.19, а) и замкнутым (рисунок 4.19, б) контуром. В арке крепи в зависимости от размеров поперечного сечения выработки применяется 5 – 7 тубингов, конструкция которых показана на рисунке 4.19, в.



**Рисунок 4.18 – Блочная бетонная крепь**

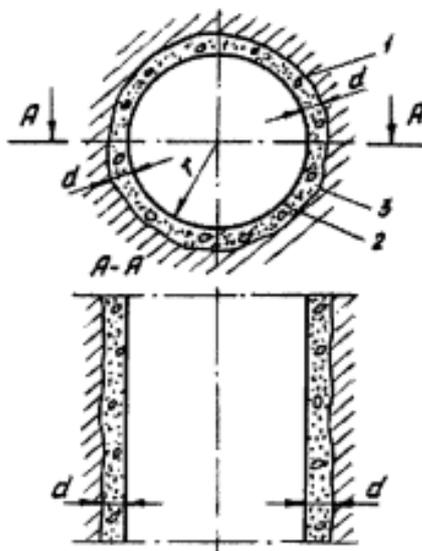


**Рисунок 4.19 – Железобетонная тубинговая крепь**

Для крепления *вертикальных шахтных стволов* применяют следующие конструкции крепи: монолитную бетонную, монолитную железобетонную, сборную сплошную тубинговую из чугунных, реже стальных тубингов. Для крепления неглубоких шахтных стволов, имеющих небольшой срок службы, используют деревянную крепь. Стволы относят к главным капитальным выработкам, поэтому к конструкции их крепи, ее надежности и долговечности предъявляют очень высокие требования.

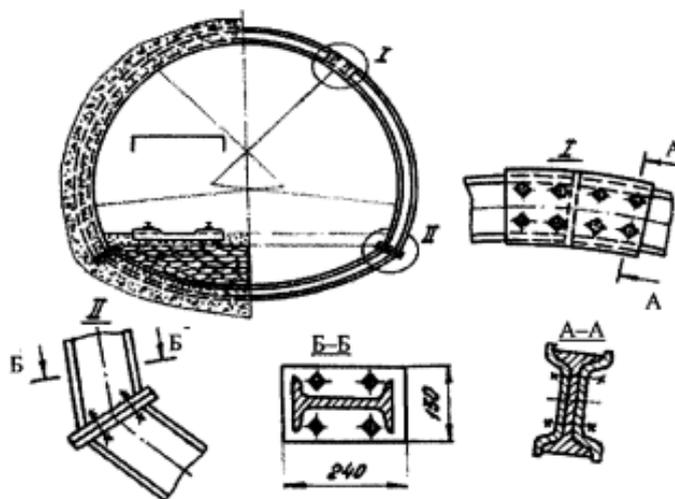
*Монолитная бетонная крепь* применяется для крепления шахтных стволов в массивах устойчивых, средней устойчивости и неустойчивых горных пород при отсутствии воздействия других выработок, напорных подземных вод и иных факторов.

*Бетонная крепь* (рисунок 4.20) представляет собой сплошную монолитную оболочку 1, внутренний контур которой 2 соответствует форме поперечного сечения ствола в свету, а внешний 3 – форме поперечного сечения ствола в проходке. В устойчивых горных породах толщина бетонной крепи  $d$  составляет 200 – 300 мм в зависимости от глубины ствола и залегания пород. В породах средней устойчивости и неустойчивых толщина крепи увеличивается до 500 мм.



**Рисунок 4.20 – Монолитная бетонная крепь шахтного ствола**

*Монолитная железобетонная крепь* (рисунок 4.21) предназначена для крепления горизонтальных выработок и шахтных стволов в весьма неустойчивых породах с напорными подземными водами. Эта крепь отличается от бетонной наличием в ней арматуры, что позволяет применять ее в условиях неравномерного по глубине ствола горного давления. Толщина железобетонной крепи в среднем составляет 200 – 300 мм, расход арматуры – 50 – 100 кг на 1 м<sup>3</sup> бетона.



**Рисунок 4.21 – Замкнутая железобетонная крепь с жесткой арматурой**

*Сплошная тубинговая крепь* применяется в очень сложных горно-геологических условиях, характеризующихся неустойчивым состоянием горных пород, большим неравномерным давлением на крепь по глубине ствола, большой обводненностью месторождения, необходимостью применения специальных методов упрочнения горных пород.

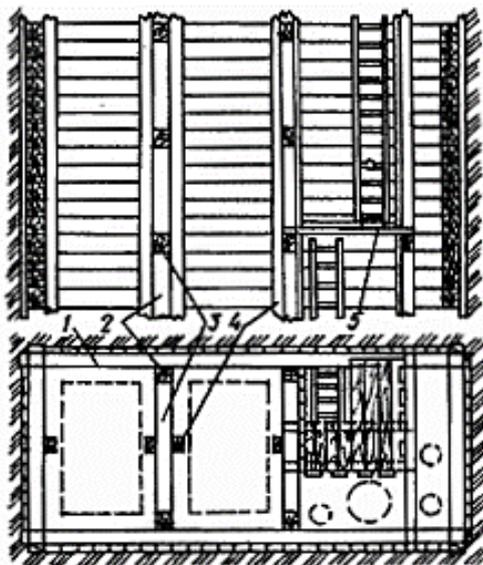
#### Виды, конструкции и применение деревянных крепей

*Деревянная крепь* применяется для крепления горизонтальных, наклонных и вертикальных горных выработок, например, штреков, ортов, восстающих, шурфов и других, срок службы которых составляет до 3 – 5 лет, а также для крепления очистных выработок при выемке угольных пластов и рудных залежей. Деревянную крепь можно использовать для крепления шахтных стволов при разработке месторождений полезных ископаемых, залегающих на небольшой глубине.

Деревянные крепи по своей конструкции делят в основном на распорную, рамную, венцовую, костровую и станковую.

*Венцовая крепь* является разновидностью рамной и широко применяется для крепления вертикальных горных выработок: шурфов, шахтных стволов, восстающих и гезенков. Основной элемент крепи – венец, состоящий из четырех бревен или брусьев, соединенных между собой «в лапу». Венцы располагают в выработке перпендикулярно ее оси вплотную или на некотором расстоянии друг от друга.

Стволы и шурфы по мере возведения в них крепи армируют – устанавливают вандруты, расстрелы, проводники, лестничные полки и лестницы (рисунок 4.22).



1 – венец; 2, 3 – вертикальные и горизонтальные расстрелы; 4 – проводники; 5 – полки лестничного отделения

**Рисунок 4.22 – Закрепленный и армированный шахтный ствол**

Вандруты – брусья, которые устанавливают вертикально попарно вдоль длинных сторон выработки, прикрепляют к венцам и соединяют между собой расстрелами, то есть горизонтально и вертикально установленными распорными брусьями. Вандруты и расстрелы придают жесткость венцовой крепи. Расстрелы разделяют поперечное сечение выработки на отделения; в подъемных отделениях на расстрелы устанавливаются деревянные или металлические проводники, по которым скользят направляющие подъемных сосудов.

*Костровая крепь* применяется на пологих залежах для поддержания кровли при выемке полезного ископаемого в условиях большого горного давления. Крепь представляет собой прямоугольный каркас, сложенный по периметру из деревянных брусьев или бревен; для предотвращения сползания костров на наклонных залежах по их углам предварительно устанавливают стойки. Деревянная костровая крепь податлива, так как ее элементы сжимаются поперек волокон дерева с уменьшением толщины в 2 – 3 раза.

*Станковая деревянная крепь* представляет собой как бы пространственную решетку из деревянных брусьев или бревен, возведенную в выработанном пространстве между породами лежачего и висячего боков. Каждый кубик – станок – имеет размеры 2×2,2 м. Выработанное пространство в залежах мощностью более 3 – 4 м, закрепленное станковой крепью, обязательно заполняют закладкой. Этот вид крепи применяют редко.

Деревянную крепь используют в качестве посадочной, выполняющей функцию режущей опоры, для обрушения пород кровли по заданной линии.

*Посадочная крепь* называется органной крепью и представляет собой стойки, установленные сплошную в одну линию вдоль очистного забоя в один или несколько рядов.

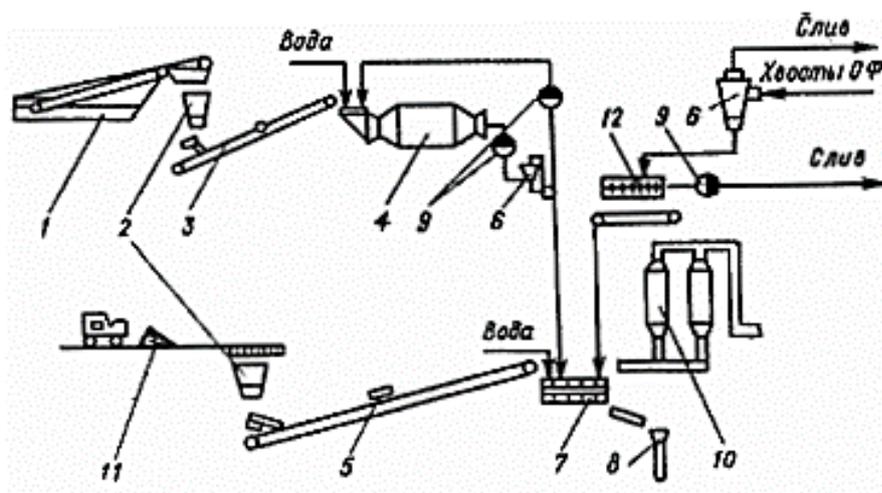
#### **4.2.3 Поддержание выработанного пространства закладкой и обрушенными горными породами**

*Закладка* выработанного пространства заключается в заполнении его пустыми породами, отходами (хвостами) обогатительных фабрик, металлургическими шлаками и другими материалами. Закладочный материал, заполнивший выработанное пространство, образует *искусственный массив*.

Закладка как технологический процесс включает в себя операции по приготовлению, транспортированию закладочного материала и размещению его в выработанном пространстве. Применение закладки позволяет более полно и безопасно произвести выемку полезного ископаемого, сохранить ненарушенными окружающие выработку горные породы и земную поверхность, разместить под землей часть отходов горного производства, обработать пожароопасные участки месторождений полезных ископаемых, способных самовозгораться. Экономическая эффективность применения закладки

выработанного пространства определяется с учетом всех влияющих факторов. Затраты на ведение закладочных работ могут составлять 15 – 20 % и более затрат на добычу полезного ископаемого.

Наиболее широко применяют твердеющую литую гидравлическую закладку, а также сухую пневматическую закладку. *Твердеющая литая закладка* обеспечивает высокое качество закладочного массива. На земной поверхности приготавливают закладочный материал, близкий по свойствам к бетону, отличающийся более высоким расходом вяжущего и воды для получения хорошей текучести. Закладочный материал по трубам самотеком или с помощью сжатого воздуха подают в выработанное пространство, он твердеет в течение трех-шести месяцев, но значительную прочность набирает уже в первый месяц. В состав закладочного материала, который образует 1 м искусственного массива, входят 400 кг вяжущего, 0,9 м заполнителя (песок или хвосты обогащения) и 400 л воды. Вяжущее вещество применяют двух видов: цементное, состоящее из глины и цемента, и на основе молотого доменного гранулированного шлака. Технологическая схема закладочного комплекса представлена на рисунке 4.23.



- 1 – траншейный склад гранулированного доменного шлака; 2 – загрузочный бункер; 3 – конвейер; 4 – шаровая мельница; 5 – весы; 6 – гидроциклоны; 7 – смеситель; 8 – трубопровод; 9 – насосы; 10 – склад цемента; 11 – склад заполнителя; 12 – вакуум-фильтр

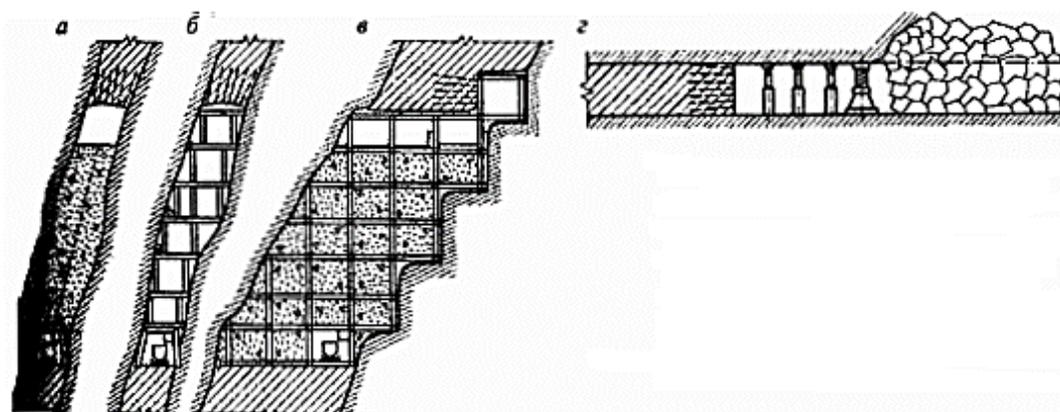
**Рисунок 4.23 – Технологическая схема закладочного комплекса**

При *гидравлической закладке* закладочный материал перемещается по трубам от места его образования до места укладки в выработанном пространстве с помощью потока воды. Гидросмесь (пульпа) образуется в смесительных камерах гидрозакладочной установки и движется по пульпопроводу диаметром 150 – 200 мм до места укладки, при этом часть воды отделяется от пульпы непосредственно перед выработанным пространством и отводится в водосборники. В выработанном пространстве твердые частицы размером от 1 до

60 мм выпадают в осадок и образуют искусственный закладочный массив. Отработанная вода направляется в водосборник и откачивается насосами на земную поверхность для повторного использования. Выработанное пространство, в котором выполняют закладочные работы, изолируется от смежных горных выработок. Производительность закладочных установок составляет до 300 м<sup>3</sup>/ч закладочной смеси.

При *пневматической закладке* сухой закладочный материал перемещается по трубам под действием сжатого воздуха от пневматической закладочной установки до места укладки материала в выработанном пространстве. Выработанное пространство изолируют от смежных горных выработок, а для пылеподавления в процессе закладки применяют орошение водой. Пневматические закладочные установки обычно располагают в специальных камерах, куда компоненты закладочной смеси транспортируются ленточными конвейерами, а от них до места укладки – по трубопроводу диаметром 150 – 200 мм. Производительность закладочных установок – до 120 м<sup>3</sup>/ч, максимальная дальность транспортирования закладочного материала по трубопроводу – 1500 м, давление сжатого воздуха в машине – 0,5 МПа, в закладочном трубопроводе – 0,4 МПа, расход воздуха на транспортирование 1 м закладочного материала – 100 – 110 м<sup>3</sup>.

При разработке рудных месторождений, залегающих в неустойчивых вмещающих породах, поддержание очистного пространства может осуществляться только путем заполнения его закладочными материалами или предварительного крепления с последующей закладкой (рисунок 4.24, а, б, в).

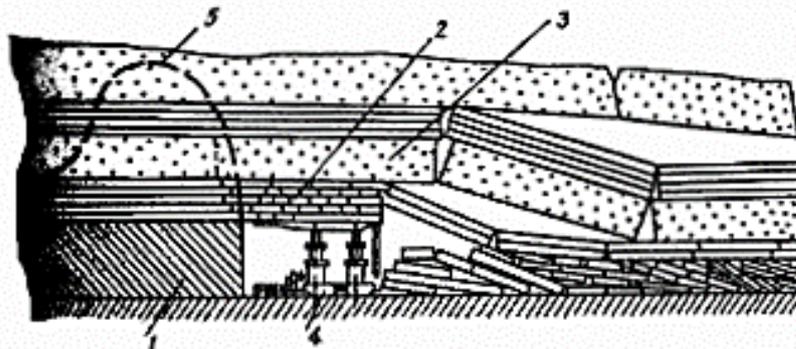


а – закладкой; б – крепью; в – крепью с закладкой; г – индивидуальной стоечной крепью с последующим обрушением пород

**Рисунок 4.24 – Способы искусственного поддержания очистного пространства**

Сущность поддержания очистного пространства обрушенными породами состоит в периодическом заполнении его естественно или принудительно обрушаемым определенным количеством горных пород по мере выемки

полезного ископаемого (рисунок 4.24, г; 4.25). Этот процесс называют управлением горным давлением, так как при его осуществлении поддержание очистного пространства происходит за счет изменения горного давления в прилегающем к очистному забою массиве вследствие смещения области повышенного горного давления из призабойной части в глубь массива.



1 – угольный пласт; 2 – непосредственная кровля; 3 – основная кровля; 4 – крепь; 5 – эпюра опорного горного давления

**Рисунок 4.25 –Схема проявления горного давления при выемке угольного пласта (по А.А. Борисову)**

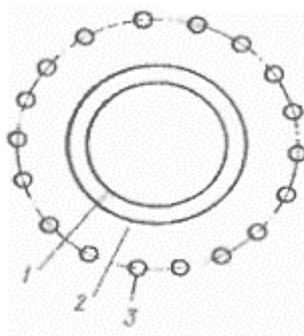
#### **4.2.4 Поддержание выработок искусственным упрочнением массива горных пород**

Необходимость поддержания выработок искусственным упрочнением массива горных пород появляется при выполнении горных работ в сложных горно-геологических условиях. Сложными горно-геологическими условиями считают такие, при которых вести горные работы обычными способами невозможно, и для их применения необходимы предварительные дополнительные специальные технические мероприятия.

Различают гидрогеологические, геомеханические, газодинамические и геотермические сложные горно-геологические условия. Подготовка к ведению основных горных работ предусматривает использование различных способов воздействия на массив горных пород, изменяющих его состояние или механические свойства пород, в результате чего исключаются полностью или частично факторы, создающие трудности при проведении горных выработок или ведении очистных работ. К способам воздействия на массив горных пород в сложных горно-геологических условиях, упрочняющих массив, относят замораживание, тампонаж и физико-химическое воздействие.

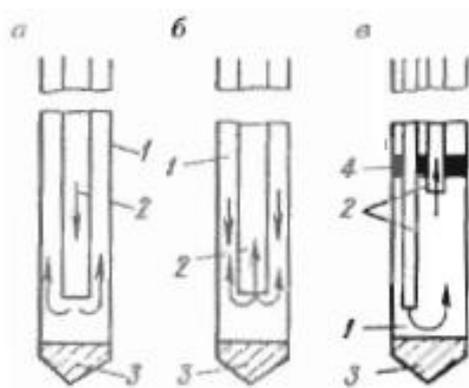
Сущность *замораживания* заключается в том, что до начала горных работ по периметру горной выработки по всей ее длине бурят скважины (рисунок 4.26) и оборудуют их замораживающими колонками (рисунок 4.27). Замораживающие колонки заполняют *хладоагентом* – аммиаком, диоксидом углерода, фреоном, жидким азотом – испаряющимся непосредственно в замораживающих колонках

при температуре от  $-35$  до  $-110^{\circ}\text{C}$ , или прокачивают через них насосами *хладоноситель*, в качестве которого применяют водные растворы хлоридов кальция, натрия, лития, охлажденные до температуры  $-20$  –  $-40^{\circ}\text{C}$ . В результате непрерывного теплообмена хладоагента или хладоносителя с окружающим породным массивом вода, находящаяся в горных породах, замерзает, и вокруг каждой скважины постепенно образуются ледопородные цилиндры, в дальнейшем смыкающиеся в сплошное ледопородное ограждение, которое способно противостоять внешнему давлению пород и подземных вод. Ледопородное ограждение в этом случае играет роль временной водонепроницаемой ограждающей крепи, обеспечивающей безопасные условия выполнения горных работ в выработке.



проектные контуры выработки: 1 – в свету; 2 – в проходке; 3 – замораживающая скважина

**Рисунок 4.26 – Схема расположения замораживающих скважин**

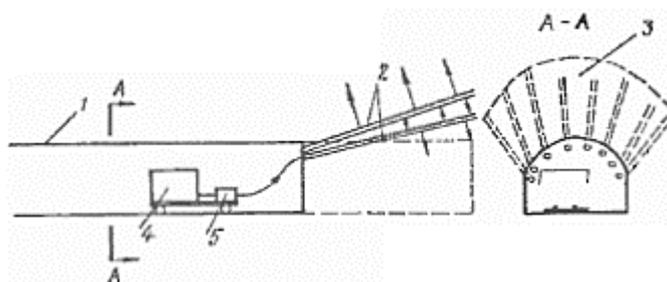


а, б, в – варианты схем циркуляции хладоагента; 1, 2 – внешняя и внутренняя трубы; 3 – башмак; 4 – диафрагма

**Рисунок 4.27 – Схема замораживающей колонки**

Сущность *физико-химического воздействия* заключается в заполнении через систему скважин пустот, трещин в массиве горных пород полимерными составами, изменяющими со временем свое фазовое состояние. Упрочнение трещиноватых массивов горных пород происходит за счет создания в них каркасных полимерных систем, связывающих между собой структурные

отдельности массива. Осуществляют упрочняющее физико-химическое воздействие следующим образом. В массиве горных пород бурят шпуров или скважины (рисунок 4.28), в которых устанавливают инъекционные устройства в виде шланговых затворов для закачки высокомолекулярных полимерных составов. Обладая низкой вязкостью и высокой проницаемостью, полимер заполняет поры и трещины в массиве горных пород и после затвердевания образует в его структуре прочный и эластичный каркас. В результате взаимодействия с полимером горная порода становится монолитнее, что приводит к повышению ее прочности, а также гидро- и газоизоляционных свойств. В качестве рабочей жидкости используют синтетические смолы, преимущественно мочевиноформальдегидные; эти смолы имеют хорошо регулируемое время отверждения, могут отвердевать при нормальных и пониженных температурах.



1 – горная выработка; 2 – инъекционные скважины; 3 – зона упрочненных пород; 4 – емкость-смеситель; 5 – насос

**Рисунок 4.28 – Смолинъекционное упрочнение горных пород**

Отверждение водных растворов мочевиноформальдегидных смол происходит при нормальной температуре под действием кислого отвердителя: соляной или щавелевой кислот, хлористого аммония или при повышенной до 150 °С температуре. Период полимеризации, отверждения смолы – до 60 мин.

Приготовление и нагнетание полимерного раствора в скважины осуществляют с помощью инъекционной установки, состоящей из емкости- смесителя, насоса, высоконапорных шлангов, инжекторов и контрольно- измерительных приборов.

Физико-химическое упрочнение нашло применение для поддержания горных выработок в весьма неустойчивых, сыпучих углях, а также в трещиноватых скальных породах.

## ГЛАВА 5 ПРОВЕТРИВАНИЕ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

### 5.1 Рудничная атмосфера

Нормальные и безопасные условия труда работников в шахтах и карьерах зависят от чистоты воздуха в выработках, температуры и скорости его движения по выработкам.

Атмосферный воздух представляет собой смесь газов и паров, окружающих земную поверхность. Газовый состав атмосферного воздуха практически постоянен; на уровне моря атмосферный воздух содержит, %: азота – 78,08; кислорода – 20,95; аргона – 0,93; углекислого газа – 0,03; гелия, неона, криптона, озона, родона, водорода-аммиака, йода – суммарно 0,01. Поступив в горные выработки и перемещаясь по ним, атмосферный воздух претерпевает изменения газового состава, влажности, температуры, содержания пыли.

Смесь атмосферного воздуха, заполнившего горные выработки, и других газов, образующихся в выработках или выделяющихся из горных пород, называют рудничным воздухом.

Рудничный воздух, состав которого мало отличается от состава атмосферного, называется свежим или чистым, а если он существенно отличается от атмосферного, то это загрязненный или отработанный рудничный воздух. Температура его не должна выходить за пределы  $2 - 26^{\circ}\text{C}$ .

Горные выработки, по которым поступает чистый воздух, называют воздухоподающими, а по которым удаляют загрязненный воздух — вентиляционными.

Содержание газов в рудничном воздухе характеризуется концентрацией, равной отношению количества газа к общему количеству воздуха, %. Концентрацию газа выражают отношением его массы к объему воздуха, мг/л.

Источниками загрязнения воздуха в горных выработках могут быть взрывные работы, двигатели внутреннего сгорания, взрывы природного газа метана и угольной пыли, подземные пожары, массивы горных пород и горная масса, содержащие природные газы, пыль.

*Газоносность горных пород* – количество газа, содержащегося в 1 т или 1 м<sup>3</sup> массива в природных условиях. Различные горные породы в зависимости от их генезиса и состава могут содержать метан, водород, азот, углекислый газ, сероводород, сернистый газ, аммиак и другие газы. Концентрация газов в горных породах может быть очень высокой, например в каменных углях до 50 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>.

*Концентрации*, мг/м<sup>3</sup>, и содержания, %, различных компонентов в рудничной атмосфере регламентированы «Правилами безопасности...» и не должны превышать предельно допустимых величин (ПДК).

## Характеристика основных компонентов рудничной атмосферы и их предельно допустимые концентрации

Кислород  $O_2$  – газ без цвета, вкуса и запаха, содержание не менее 20 % по объему.

Углекислый газ  $CO_2$  – газ без цвета, запаха, со слабым кислотным вкусом; слабо ядовит, при содержании 10 % может вызвать обморочное состояние, при содержании 15 – 20 % – угрожает смерть. Образуется при производстве взрывных работ, гниении древесины, в результате окисления угля, скапливается у почвы выработок. ПДК не более 0,5 %, а в выработках с общей исходящей струей шахты – не более 0,75 %.

Азот  $N_2$  – газ без цвета, вкуса и запаха, химически инертен, содержание в рудничной атмосфере не регламентируется.

К ядовитым и взрывоопасным примесям рудничной атмосферы относятся:

– оксид углерода  $CO$  – угарный газ, очень ядовитый, без цвета, вкуса и запаха, относительная плотность – 0,97; смертельно опасные отравления наступают после кратковременного вдыхания воздуха с содержанием  $CO$  – 0,44 %, а при содержании 0,01 % может произойти тяжелое отравление; оксид углерода образуется при взрывных работах, пожарах и при работе двигателей внутреннего сгорания; ПДК – 0,0016 % по объему;

– диоксид азота  $NO_2$  – очень ядовитый газ, красно-бурого цвета, с резким запахом, напоминающим запах чеснока, относительная плотность – 1,59; кратковременное вдыхание воздуха с содержанием  $NO_2$  – 0,025 % вызывает смертельное отравление, образуется при взрывных работах, ПДК – 0,00025 %;

– сернистый газ  $SO_2$  – очень ядовит, без цвета, с сильно раздражающим запахом, напоминающим запах горячей серы, относительная плотность – 2,22; образуется при взрывных работах, рудничных пожарах, выделяется из горных пород, ПДК – 0,00035 %;

– сероводород  $H_2S$  – очень ядовитый газ, без цвета, с запахом тухлых яиц или гнилых яблок, относительная плотность – 1,19; выделяется из горных пород образуется при взрывных работах, подземных пожарах, разложении серосодержащих минералов, ПДК – 0,00066 %;

– аммиак  $NH_3$  – газ без цвета, с резким характерным запахом нашатырного спирта, ядовит, относительная плотность – 0,596; образуется при взрывных работах, ПДК – 0,0025 %;

– водород  $H_2$  – газ без цвета, вкуса и запаха, относительная плотность – 0,07; горит и взрывается при содержании в воздухе от 4 до 74 %, температура воспламенения – 100 – 200<sup>0</sup>С, ПДК – 0,5 %;

– метан  $CH_4$  – газ без цвета, вкуса и запаха, в рудничном воздухе встречается в чистом виде, относительная плотность – 0,554; для дыхания очень вреден, так как снижает содержание кислорода, метановоздушная смесь при

содержании метана менее 5 % горит синим пламенем и не взрывается, при содержании – 5 –14 % – взрывается, а при содержании более 14 % – горит, но не взрывается; метан выделяется из угольных пластов и горных пород.

При наличии метана в рудничной атмосфере запрещено пользоваться открытым огнем, горные выработки должны непрерывно проветриваться, а при содержании метана около 2 % работы прекращаются.

Шахты, в которых хотя бы на одном пласте обнаружено выделение метана, считаются опасными по газу.

Выделение метана из пород и угольных пластов в горные выработки может происходить постоянно и кратковременно. Кратковременные выделения метана происходят по трещинам, образующимся при ведении горных работ или вскрытии зон скопления метана, в которых газ находится под высоким давлением. Кратковременные и особенно внезапные выделения метана представляют собой большую опасность для работающих в шахте людей.

Внезапные выделения значительных объемов метан, протекающие чрезвычайно быстро и сопровождающиеся выбросом в горные выработки больших объемов (до нескольких тысяч тонн) угольной мелочи, называются *внезапными выбросами угля и газа*.

Контроль состава и содержания газов рудничной атмосферы осуществляют с помощью переносных индивидуальных, стационарных и встроенных приборов газового контроля – *газоанализаторов*.

Переносные приборы служат для эпизодического контроля содержания газов в местах работы людей, а стационарные – для непрерывного контроля содержания газов в наиболее характерных местах горных выработок. Важным элементом переносных приборов контроля содержания метана являются системы звуковой и световой сигнализации при содержании метана  $> 2 \%$ . Сигналы могут быть прерывистыми с переходом в сплошной при дальнейшем повышении содержания метана.

Стационарные газоанализаторы включены в автоматизированную систему энергообеспечения горных машин и механизмов и обеспечивают отключение электрооборудования в случае превышения допустимой концентрации газов. Встроенные в горные машины приборы также сигнализируют о содержании газов в воздухе и отключают машины, если содержание газов превышает ПДК.

*Рудничная пыль* – совокупность мелких и мельчайших частиц минерального вещества, способных длительное время находиться во взвешенном состоянии в рудничном воздухе, а также осевших из воздуха на поверхность горных пород, крепи и других объектов, которые находятся в горных выработках. Наиболее опасными являются пылинки крупностью от 0,2 до 10 мкм, способные проникать в легочные пути человека. Запыленность рудничного воздуха оценивают обычно концентрацией пыли в м<sup>3</sup> воздуха, мг/м<sup>3</sup>.

Рудничная пыль образуется при разрушении горных пород во время бурения шпуров и скважин, взрывной отбойки горных пород, очистной выемки угля, погрузки и транспортирования горной массы.

*Угольная пыль* может взрываться при концентрации ее в воздухе от 30 до 2000 г/м<sup>3</sup>, а при наличии метана – при значительно меньшей концентрации. Взрыв максимальной силы соответствует концентрации пыли – 112 г/м<sup>3</sup>.

*Метановоздушная смесь*, содержащая угольную пыль, становится взрывчатой при содержании метана менее 5 %. Взрывоопасна также сульфидная пыль с содержанием серы более 35 % и серная пыль при содержании серы в руде – 12 % и более.

При работе человека в запыленной атмосфере могут возникать заболевания легких, получившие название пневмокониоз; наиболее опасен силикоз – заболевание от пыли, содержащей свободный диоксид кремния SiO<sub>2</sub>.

Для снижения содержания пыли в рудничной атмосфере проводят комплекс мероприятий: проветривание горных выработок, предварительное увлажнение горных пород, применение малопылящего оборудования, систем орошения источников пылеобразования, систем пылеулавливания. уборку пыли в местах ее накопления в горных выработках, устройство заслонов и покрытий из инертной пыли и т.п.

Если запыленность на рабочих местах превышает допустимые Правилами безопасности концентрации, то все работы должны проводиться в противопылевых индивидуальных респираторах.

## **5.2 Вентиляция шахт и рудников**

При движении потока воздуха по горным выработкам или вентиляционным трубам воздух оказывает статическое давление на стенки, расположенные параллельно потоку, и динамическое – на возможные преграды, установленные под углом или перпендикулярно потоку. *Статическое давление* – давление на единицу площади поверхности, параллельной потоку газа или жидкости. *Динамическое давление* – давление потока газа или жидкости, воспринимаемое поверхностями, которые расположены перпендикулярно или под углом к оси потока. Полное давление потока на ограничивающие его поверхности равно сумме статического и динамического давления.

Скорость движения воздуха по горным выработкам является важной характеристикой, так как при ее увеличении ускоряется процесс разжижения опасных газов и пыли, но при этом усиливается охлаждающее действие вентиляционной струи и подъем в воздух осевшей пыли, поэтому Правилами безопасности установлены допустимые значения скоростей движения воздушных потоков.

Согласно Правилам безопасности, максимальные скорости движения воздуха в грузовых шахтных стволах – 12 м/с, в вентиляционных каналах – 15 м/с, в очистных и подготовительных забоях – 4 м/с, в главных выработках – 8 м/с, в остальных – 6 м/с, а минимальные скорости в очистных выработках – 0,6 – 0,8 м/с, в подготовительных – 0,25 м/с. Скорость движения воздуха по выработкам измеряют анемометром.

Свежий воздух для проветривания горных выработок обычно поступает по одному шахтному стволу – *подающему* и отводится на земную поверхность по другому – *вентиляционному*. Запрещается подавать свежий воздух по скиповым и наклонным выработкам с конвейерным транспортом в шахтах, опасных по пыли. Свежий воздух поступает в шахту из-за перепада давлений в устьях подающего и вентиляционного стволов, создаваемого вентиляторами, или за счет естественной тяги.

При движении по горным выработкам воздушный поток преодолевает сопротивление поверхности выработок и различных преград, что приводит к потерям давления.

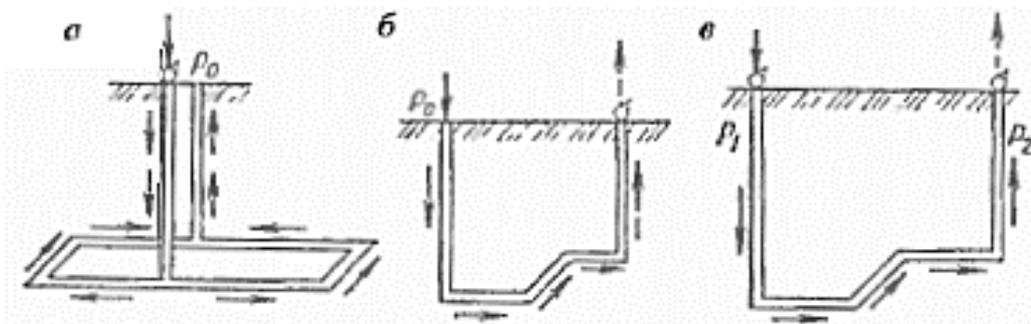
Разность давлений, необходимая для преодоления сопротивления воздуховода, называется *депрессией*. Для каждой шахты определяется депрессия, для того чтобы рассчитать параметры вентиляторных установок.

Часть воздуха, поступающего в шахту и проходящего по выработкам теряется в выработанном пространстве, в трещинах, на пересечениях горных выработок и т. п. Потери воздуха могут составлять большую величину. вследствие чего до забоев доходит лишь 40 – 50 %, а иногда и меньше, от общего количества воздуха, подаваемого главным вентилятором.

*Способ вентиляции шахты* (рисунок 5.1) может быть *нагнетательным*, при котором свежий воздух нагнетается в шахту вентилятором, и всасывающими, когда загрязненный воздух отсасывается из шахты, а свежий поступает в нее вследствие создаваемого разряжения в устье шахтного ствола. Применяют также комбинацию из этих способов. На шахтах, опасных по газу, используют только всасывающий способ проветривания. Нагнетательное проветривание применяется на шахтах, не опасных по газу, а также иногда на верхних горизонтах шахт I и II категорий по газу. Движение воздушного потока по горным выработкам может осуществляться за счет естественной тяги или с помощью вентиляторов общешахтного и местного проветривания.

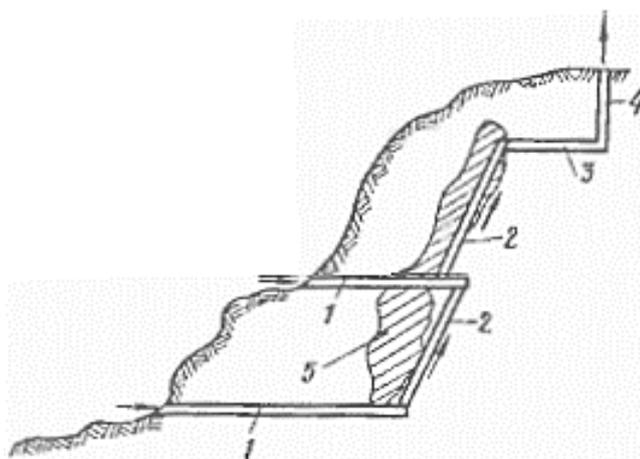
*Естественная тяга* – депрессия, которая появляется в горных выработках за счет разной плотности воздуха, представляет собой разность давлений на входе в выработку и на выходе из нее. Естественная тяга может образоваться в шахте при наличии двух и более шахтных стволов или стволов и штольни, по которым движется воздух, имеющий разную плотность (рисунок 5.2). Величина и направление естественной тяги зависят от температуры воздуха на земной

поверхности и в шахте. В зимний период времени воздух на земной поверхности имеет более низкую, чем в шахте, температуру и соответственно большую, чем в шахте, плотность, поэтому естественная тяга имеет направление от штолен к вентиляционному шурфу. Летом за счет повышения температуры и соответственно снижения плотности воздуха на земной поверхности тяги в направлении от штолен к шурфу может уменьшиться или поменять направление на обратное.



а – нагнетательный; б – всасывающий; в – нагнетательно-всасывающий

**Рисунок 5.1 – Способы вентиляции шахт**



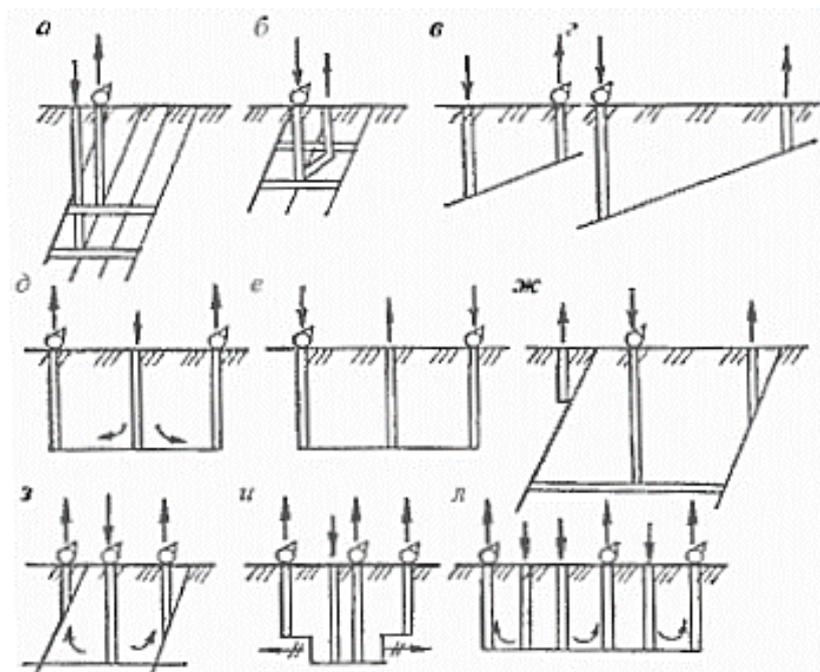
1 – штольни; 2 – восстающие; 3 – квершлаг; 4 – шурф; 5 – полезное ископаемое

**Рисунок 5.2 – Схема движения воздуха по горным выработкам за счет естественной тяги**

*Проветривание шахты, рудника вентиляторами производится по центральной, фланговой и комбинированной схемам (рисунок 5.3).*

*Фланговая или диагональная схема предусматривает поступление свежего воздуха через центральный ствол и выдачу загрязненного через шурфы или стволы, находящиеся на флангах шахтного поля.*

*Комбинированная схема состоит из элементов центральной и фланговой схем; возможным вариантом такой схемы является подача свежего воздуха через некоторые из центральных стволов, а выдача загрязненного – частично через центральные с близлежащих участков и через фланговые с участков, удаленных от центра.*



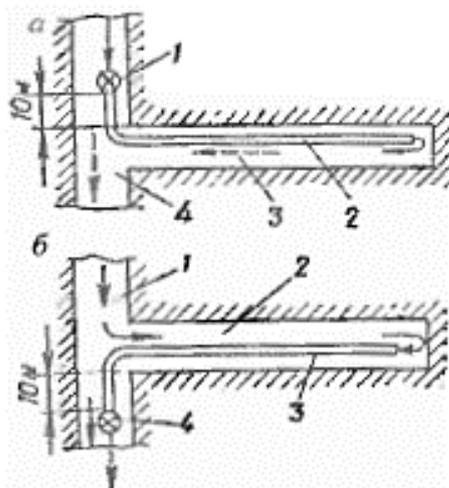
а – всасывающая центрально-сдвоенная; б – нагнетательная центрально-сдвоенная; в – всасывающая центрально-отнесенная; г – нагнетательная центрально-отнесенная; д – фланговая всасывающая; е – фланговая нагнетательная с фланговыми вентиляторами; ж – фланговая нагнетательная с центральным вентилятором; з – фланговая нагнетательно-всасывающая; и – комбинированная центрально-фланговая; к – комбинированная секционная

**Рисунок 5.3 – Типовые схемы проветривания шахт**

Проветривание тупиковых выработок производится за счет общешахтной депрессии, сжатым воздухом и вентиляторами местного проветривания. Наиболее широко применяют проветривание вентиляторами, которые могут работать с нагнетанием свежего воздуха или со всасыванием загрязненного (рисунок 5.4): возможна также комбинация этих способов с применением нескольких вентиляторов.

Для регулирования направления движения и количества воздуха, поступающего к забоям, используют *различные вентиляционные устройства*. К ним относятся вентиляционные перемычки, двери, ляды, воздушные мосты и трубопроводы. Вентиляционная перемычка предназначена для изоляции отработанных участков шахтного поля, а также для разделения свежего и загрязненного потоков воздуха. Вентиляционные перемычки бывают бетонными, кирпичными, деревянными и надувными. Вентиляционные двери устанавливают для тех же целей, что и перемычки, в выработках, по которым происходит движение людей и грузов. Вентиляционные двери могут устанавливаться парно для шлюзования воздуха; управление дверями в выработках, по которым передвигаются составы вагонеток, осуществляют с

помощью автоматических устройств. Ляды – это люки для перекрытия наклонных и вертикальных горных выработок.



- а – нагнетательным способом: 1 – нагнетательный вентилятор; 2 – трубопровод;  
3 – тупиковая выработка; 4 – сквозная выработка;  
б – всасывающим способом: 1 – сквозная выработка; 2 – тупиковая выработка;  
3 – трубопровод; 4 – всасывающий вентилятор

**Рисунок 5.4 – Проветривание тупиковых горных выработок**

*Воздушный мост*, или кроссинг устраивают в месте пересечения двух горных выработок, по одной из которых движется чистый воздух, а по другой – загрязненный. Воздушный мост представляет собой пространство в кровле выработок, изолированное от одной и соединенное с другой выработкой. В нижней части воздушного моста устанавливают вентиляционные перемычки или двери, перекрывающие выработку, которая связана с воздушным мостом. Воздух как бы перебрасывается через выработку, пересекающую путь его движению.

*Вентиляционные трубопроводы* составляют из жестких или гибких труб. Жесткие трубы изготавливают из стальных листов: длина труб – 2,5 – 3,5 м, диаметр – 500, 600, 700, 800 и 900 мм. Гибкие трубы – из прорезиненных тканей; длина гибких труб – 5, 10 и 20 м, диаметр – от 300 до 1200 мм.

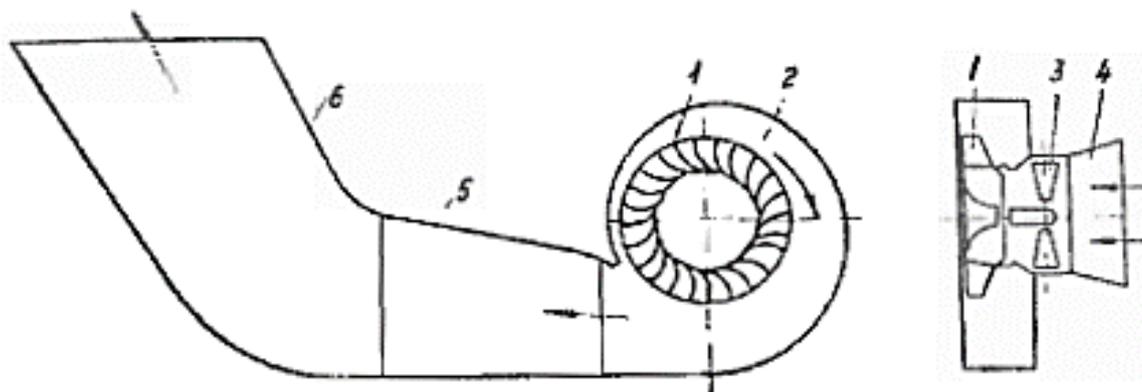
### 5.3 Вентиляторы

*Вентилятор* – воздуходувная машина, создающая избыточное давление для перемещения воздуха по воздуховодам, которыми являются горные выработки.

По принципу действия шахтные вентиляторы различают центробежные и осевые.

*Центробежный вентилятор* приводит в движение воздух за счет центробежных сил, возникающих при вращении рабочего колеса. Основной

рабочей частью центробежного вентилятора является рабочее колесо с лопастями, вращающееся в спиральном кожухе (рисунок 5.5).



1 – рабочее колесо с лопастями; 2 – спиральный кожух; 3 – лопатка регулятора производительности; 4 – всасывающий патрубок; 5 – направляющий кожух; 6 – диффузор

**Рисунок 5.5 – Схема шахтного центробежного вентилятора**

При вращении колеса воздух захватывается лопастями, под действием центробежной силы перемещается от центра к периферии колеса и выталкивается в направляющий кожух, из которого попадает в диффузор и затем в атмосферу. Регулирование количества отсасываемого из шахты воздуха осуществляют посредством изменения угла поворота лопаток регулятора производительности, который устанавливают между рабочим колесом и всасывающим патрубком.

В шахтах находятся в эксплуатации центробежные вентиляторы типа ВЦ, ВЦО, ВЦД, ВШЦ, ВРЦД, ВЦП, ВЦЗ. В означает вентилятор, Ц – центробежный, О – одностороннего всасывания, Д – двустороннего всасывания, Р – рудничный, Ш – шурфовый, З – с поворотными закрылками, П – проходческий, если П стоит после цифры – с поворотными закрылками.

Центробежные вентиляторы применяют для всасывающего, нагнетательного и комбинированных способов проветривания шахт с депрессией от 1,5 до 9 кПа.

В зависимости от назначения и условий работы центробежные вентиляторы используют в вентиляторных установках главного и вспомогательного проветривания. Вентиляторы главного проветривания устанавливают на поверхности шахты.

*Осевые вентиляторы* работают по принципу авиационных воздушных винтов. Вращающиеся лопасти сообщают движение воздуху, в результате чего создается перепад давлений тяга вдоль оси вращения рабочего колеса, и воздушная струя движется в этом направлении.

## 5.4 Дегазация горных выработок

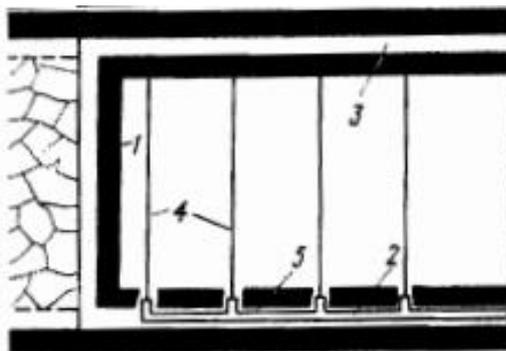
В шахтах с высокой метанообильностью при использовании обычных способов вентиляции не справляются с разжижением газов в выработках до предельно допустимой концентрации. В этих условиях для повышения эффективности вентиляции шахт проводят дегазацию, т.е. комплекс мероприятий, уменьшающий количество поступающего в горные выработки метана.

*Комплекс мероприятий по дегазации горных выработок* включает в себя дегазацию выработанного пространства, в котором продолжается выделение газа из обрушенных пород, консервацию газа в массиве горных пород и замедление выделения газа из угольного пласта.

*Дегазация* применяется во всех основных угольных бассейнах страны. Различают оперативную дегазацию, т.е. применяющуюся в процессе разработки пласта или его части, и заблаговременную, выполняемую до начала работ по выемке полезного ископаемого.

*Дегазация горных пород*, заключающаяся в снижении их естественной газоносности, может осуществляться через скважины, пробуренные из горных выработок или с земной поверхности в пласты полезного ископаемого и вмещающих пород.

При разработке мощных пластов угля Дегазация пласта состоит в том, что из штрека с некоторым опережением очистного забоя бурят дегазационные скважины (рисунок 5.6), из которых метан откачивают с помощью вакуумнасосов или газоотсасывающих вентиляторов. Расстояние между скважинами – 10 – 20 м, продолжительность их эксплуатации – 6 – 8 месяцев; за это время газообильность очистных забоев снижается в 2 – 2,5 раза.

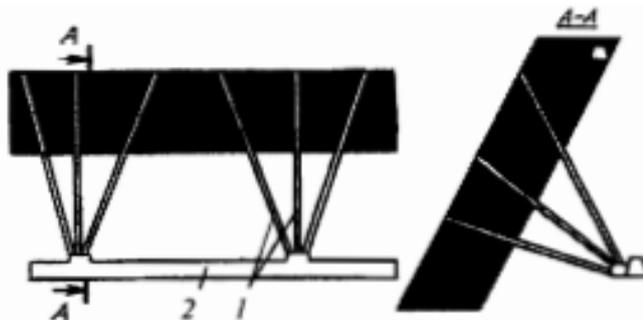


1 – очистной забой; 2, 3 – откаточный и вентиляционный штреки; 4 – скважины; 5 – дегазационный трубопровод

**Рисунок 5.6 – Схема дегазации угольного пласта скважинами**

Способ дегазации пластов путем их гидрорасчленения или гидроразрыва заключается в увеличении газопроницаемости угля и пород за счет раскрытия существующих (это гидрорасчленение) и создания новых (это гидроразрыв) трещин посредством нагнетания в пласт жидкости под высоким давлением с

последующим отсасыванием метана после откачки жидкости. Жидкость, это обычно вода, нагнетается через скважины, пробуренные из горных выработок или с земной поверхности (рисунок 5.7).

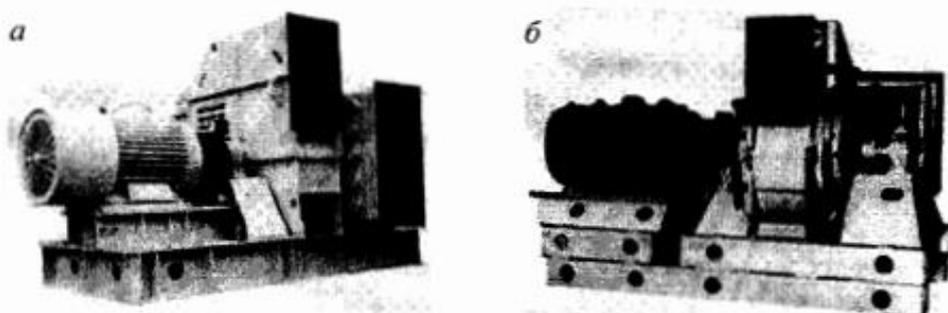


1 – дегазационные скважины; 2 – полевой штрек

**Рисунок 5.7 – Схема дегазации с гидроразрывом угольного пласта через скважины, пробуренные из горных выработок**

*Консервация метана* в угольных пластах и вмещающих породах может быть осуществлена путем их увлажнения или физико-химической обработки. При нагнетании воды в угольный пласт для уменьшения пылеобразования при его выемке происходит заполнение трещин водой и вследствие этого частичная консервация в них метана. Физико-химическое воздействие на угольные пласты и вмещающие породы заключается в нагнетании в массив полимерных растворов, которые после затвердевания блокируют метан в порах и трещинах и предотвращают поступление его в горные выработки.

*Снижение газообильности* высокогазообильных выемочных участков можно осуществлять также с применением газоотводящих скважин и газоотсасывающих вентиляторов, расположенных на земной поверхности, путем изолированного отвода газовоздушной смеси с любой концентрацией метана. Для этого используют специальные газоотсасывающие высокопроизводительные и высоконапорные вентиляторы типа ВЦГ-7М, УВЦГ-9, УВЦГ-15 (рисунок 5.8).



**Рисунок 5.8 – Вентиляторы ВЦГ-7М (а) и УВЦГ-9 (б), предназначенные для снижения газообильности выемочных участков и ликвидации скоплений метана на сопряжениях очистных и вентиляционных выработок в угольных шахтах**

Дегазацию можно выполнить *микробиологическим способом*, при котором в угольный пласт нагнетают бактериальную суспензию в смеси с воздухом, в этом случае происходит окисление метана и превращение его в белковые соединения в процессе жизнедеятельности бактерий.

## 5.5 Подземные пожары

*Рудничные пожары* представляют серьезную опасность, особенно из-за возможности массового отравления выделяющимися ядовитыми газами работающих в шахте людей.

Рудничные пожары делят по происхождению на две группы:

– экзогенные, причиной возникновения которых являются внешние тепловые воздействия в виде открытого огня, замыкания в электропроводах и электроустановках и т.п.;

– эндогенные, возникающие в результате самовозгорания угля и сульфидных руд.

Эндогенная пожароопасность зависит от склонности полезного ископаемого к самовозгоранию или его химической активности. По химической активности угли разделяют на высокоактивные, к которым относят бурые угли, умеренно активные – каменные угли и малоактивные – большинство антрацитов.

Пожары от самовозгорания угля обнаруживаются по внешним признакам: устойчивое появление в рудничном воздухе оксида углерода и повышение его содержания – это главный ранний признак; изменение содержания кислорода и углекислого газа; повышение температуры в зоне самовозгорания; увеличение влажности воздуха и запотевание поверхностей горных выработок; появление специфических запахов гари и задымления.

Методы контроля пожароопасности заключаются в систематическом отборе проб воздуха в горных выработках и определении содержания в нем в первую очередь оксида углерода, затем остальных газов. Содержание оксида углерода определяется также экспресс-методом с помощью специальных индикаторных трубок. Пожарная профилактика направлена на предотвращение пожаров или уменьшение их размеров.

*Профилактика эндогенных пожаров* включает в себя следующие мероприятия:

– горные работы необходимо вести таким образом, чтобы в недрах оставалось как можно меньше потерянного полезного ископаемого;

– выемку пластов следует осуществлять обособленными участками, которые могут быть быстро изолированы от сети горных выработок;

– необходимо применять закладку выработанного пространства, особенно гидравлическую; нужно проводить профилактическое заиливание пульпой из смеси глины с водой пожароопасных зон через скважины, пробуренные с земной

поверхности или из горных выработок, после ограждения выработанного пространства перемычками со всех сторон;

– нужно изолировать выработанное пространство для уменьшения притока в него воздуха;

– осуществлять химическую обработку угля для снижения его способности соединяться с кислородом воздуха – дезактивацию угля.

*Профилактика экзогенных пожаров* предусматривает сокращение в горных выработках количества горючих материалов; максимальное устранение возможных источников тепловых импульсов; возведение копров, надшахтных зданий и сооружений из негорючих материалов; возведение крепи устьев стволов, штолен и шурфов, по которым подают в шахту свежий воздух, а также сопряжений этих выработок с выработками вскрываемых горизонтов, устьев уклонов, бремсбергов и ходков из негорючих материалов; возведение крепи наклонных стволов и штолен, по которым подают свежий воздух, главных квершлагов, главных и групповых откаточных штреков, специальных камерных выработок из негорючих материалов.

Все выработки шахты и установки должны быть обеспечены необходимыми средствами пожаротушения – трубопроводами для подачи воды, пожарными гидрантами и огнетушителями; средствами ликвидации очагов пожаров – вентиляционными и противопожарными дверями, лядами и водяными завесами; изоляционными материалами – глиной, песком, цементом и гипсом.

Тушение пожаров осуществляют активными средствами и путем полной изоляции очагов пожара.

Противопожарное водоснабжение и расстановку средств обнаружения и ликвидации пожаров выполняют в соответствии со специальным проектом комплексной противопожарной защиты шахты.

## ГЛАВА 6 ОСВЕЩЕНИЕ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

### 6.1 Освещение горных выработок лампами, питаемыми от электрической сети

На поверхности рудника должны освещаться: все места работы, приемные площадки у ствола, лестницы, проходы для работников, помещения электромеханических установок, склады, автотранспортные и другие пути.

Светильниками, питаемыми от электрической сети, должны освещаться следующие подземные выработки:

- околоствольные;
- рабочие места подготовительных и очистных выработок освещаются светильниками и фарами, смонтированными на проходческих и очистных комбайнах; при питании светильников напряжением свыше 42 В электрическая цепь должна иметь защиту от токов короткого замыкания и утечек тока на землю; при питании светильников до 42 в, а также в искробезопасных цепях питания освещения защиты от утечек тока на землю может не применяться;
- электромашинные камеры, подземные механические мастерские, медпункты, склады промышленных взрывчатых веществ, взрывных устройств и средств взрывания, ЦПП, высоковольтные и низковольтные распределительные пункты, передвижные трансформаторные подстанции, гаражи, склады ГСМ, склады противопожарных материалов;
- выработки, где расположены магистральные ленточные конвейеры (при выполнении ремонтных и монтажных работ), камеры приводных станций работающих ленточных конвейеров;
- постоянные места посадки работников в транспортные средства и выходы из него;
- места прохода работников в лавах, обрабатываемых добычными комплексами, и конвейерные выработки от лавы должны соблюдаться минимальные нормы освещенности выработок.

Для подземных условий должны соблюдаться минимальные нормы освещенности выработок согласно таблицы 6.1.

Таблица 6.1 – Минимальные нормы освещенности выработок

Место работы	Плоскость, в которой нормируется освещенность	Минимальная освещенность, лк
1	2	3
Забои очистных и подготовительных выработок	Горизонтальная на почве Вертикальная на забое (в зоне расположения комбайна)	10

1	2	3
Приемные площадки ствола	Горизонтальная на почве Вертикальная на сигнальных табло	20 30
Выработки чистки зумпфа, места посадки работников в транспортные средства и выхода из него, транспортная линия от лавы до ленточного конвейера, приводные и натяжные станции ленточных конвейеров	Горизонтальная на почве	15
Центральные подземные электроподстанции, электромашинные камеры	Горизонтальная на почве	75
Подземные медицинские пункты	Горизонтальная на высоте 0,8 м	100
Склады промышленных взрывчатых веществ, взрывных устройств, и средств взрывания	Горизонтальная на почве	30
Подземные электромеханические мастерские, гаражи; склады ГСМ и противопожарных материалов	Горизонтальная на почве	50
Металлорежущие станки ПЭМУ (М), и др.	В зоне обработки	500

Для питания подземных осветительных сетей должно применяться напряжение не выше 220 В, а для питания осветительных сетей забоев лав – выше 127 В.

Для ручных переносных светильников, питаемых от электрической сети, допускается напряжение не выше 42 В.

Для питания светильников в подземных выработках не допускается применять трансформаторы в общепромышленном исполнении.

## ГЛАВА 7 ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ О ШАХТЕ И ТЕРМИНОЛОГИИ

### 7.1 Горное производство

*Полезные ископаемые* – природные минеральные вещества, которые при современном уровне техники и экономики пригодны для промышленного использования.

Полезные ископаемые бывают твердые (различные руды, уголь, алмазы и др.); жидкие (нефть, рассолы, вода) и газообразные (природные газы).

*Пустая порода* – горные породы, окружающие полезное ископаемое (вмещающие) или включенные в него, не являющиеся объектом извлечения полезных компонентов.

*Горная масса* – смесь полезного ископаемого с породой, получаемая в результате разработки месторождения, как в смешанном виде, так и отдельно. К горной массе относится и порода, поступающая из капитальных и подготовительных выработок.

В результате ведения горных работ в толще земной коры образуются полости, которые называют горными выработками (стволы, гезенки и др.).

*Месторождение полезного ископаемого* – естественное скопление полезного ископаемого в земной коре.

Месторождение является промышленным, если его разработка целесообразна.

Главными показателями промышленной ценности месторождений являются: запасы, качество, горно-геологические условия залегания полезного ископаемого, его географическое положение.

*Разработка месторождения* – совокупность работ по вскрытию и подготовке месторождения, очистной выемке полезного ископаемого и транспортировке его на поверхность, вентиляции, водоотливу и пр.

*Добыча (добывание) полезного ископаемого* – извлечение его из земной коры или гидросферы с целью использования. В более узком понимании термин «добыча» применяют для определения кол-ва полезного ископаемого добытого в определенный промежуток времени.

Существуют следующие способы добычи полезных ископаемых: подземный, открытый, со дна озер, морей и океанов и скважинный.

При подземном способе отделение полезного ископаемого от массива производят в недрах Земли, а затем его транспортируют на поверхность по системе горных выработок – искусственных полостей определенной формы, создаваемых в земной коре с определенной целью. Горные выработки служат для разведки, добычи полезных ископаемых и строительства подземных сооружений (метрополитена, автомобильных или ЖД тоннелей, подземных хранилищ)

*Шахта* – горнопромышленное предприятие, осуществляющее добычу полезного ископаемого подземным способом. В понятие «шахта» включаются наземные сооружения и совокупность горных выработок, предназначенных для разработки сооружения в пределах шахтного поля.

*Рудник* – горнопромышленное предприятие по добыче руд.

*Ствол* – вертикальная или наклонная выработка, имеющая непосредственный выход на земную поверхность. В зависимости от назначения стволы могут быть главными, вспомогательными и вентиляционными. Главный ствол служит для подъема полезного ископаемого и породы на поверхность; вспомогательный используют для спуска и подъема людей, машин, материалов, выдачи породы; вентиляционный предназначен для подачи в тахту (рудник) свежего или выдачи загрязненного воздуха.

*Восстающий (гезенк)* – выработка, не имеющая непосредственного выхода на земную поверхность и предназначенная для спуска горной массы с верхнего горизонта на нижний под действием собственного веса, для передвижения людей и пр.

*Слепой ствол* – выработка, не имеющая выхода на земную поверхность и предназначенная для обслуживания подземных работ (подъем полезного ископаемого, вентиляция, спуск и подъем людей).

*Шурф* – вертикальная или наклонная выработка небольшого сечения глубиной до 50 – 60 м, имеющая непосредственный выход на земную поверхность, предназначенная для разведки полезного ископаемого или для обслуживания подземных работ (спуска крепи, вентиляции, подачи закладочного материала).

*Скважина* – выработка, пройденная для вентиляции, для подачи закладочного материала, имеющая круглое сечение диаметром до 2 м.

*Штрек (этажный)* – горизонтальная выработка, не имеющая непосредственного выхода на земную поверхность и проводимая по простиранию пласта или залежи полезного ископаемого. По назначению штреки делятся на откаточные и вентиляционные.

*Квершлаг* – горизонтальная выработка, не имеющая выхода на земную поверхность и проводимая по пустым породам вкрест простирания или под углом к простиранию месторождения. Квершлаг выполняют те же функции, что и штреки.

*Просек* – выработка, проводимая параллельно штреку по пласту полезного ископаемого. Используется при проветривании забоя штрека в период его проведения, а также для транспортирования полезного ископаемого.

*Штольня* – горная выработка, проводимая к месторождению с поверхности горизонтально или с незначительным подъемом и имеющая выход на поверхность.

*Бремсберг* – выработка, не имеющая непосредственного выхода на земную поверхность, расположенная по падению пласта и предназначенная для спуска различных грузов при помощи механических устройств.

*Уклон* – наклонная выработка, не имеющая выхода на земную поверхность, пройденная по падению пласта и предназначенная для подъема полезного ископаемого и различных грузов с нижних горизонтов на верхний.

*Ходок* – выработка для подачи воздуха, перевозки людей и грузов. Ходки обычно проводят параллельно бремсбергу (уклону) на расстоянии 20 –30 м от него.

*Скат* – выработка, не имеющая выхода на земную поверхность, проведенная по падению пласта и предназначенная для спуска полезного ископаемого под действием собственного веса.

*Печь* – выработка, проводимая по восстанию пласта и предназначенная для проветривания, передвижения людей, транспортирования грузов. Чаще всего печь соединяет откаточный штрек с просеком.

*Орт* – горизонтальная выработка, пройденная в крест простирания рудного тела.

*Открытый способ* добычи характеризуется тем, что отделение полезного ископаемого от горного массива и его дальнейшую транспортировку осуществляют на поверхности Земли. При открытом способе горные выработки бывают подземными и наземными.

Добычу полезных ископаемых со дна озер, морей и океанов осуществляют в основном в пределах континентального шельфа и ложа мирового океана. Добычу производят как через водную толщу с применением механизированных платформ, оснащенных черпаковыми элеваторами, земснарядами и грейферными погрузчиками, так и с помощью горных выработок, проводимых с земной поверхности по породам дна водоемов до встречи с полезным ископаемым. Глубина подводной разработки колеблется от 30 до 60 м. В США ведутся работы по добыче полезных ископаемых с глубины свыше 5 км. Из полезных ископаемых на россыпях шельфа добывают золото, олово, платину, минералы, содержащие титан, цирконий, железо и др.

*Скважинный способ* предполагает бурение скважин с поверхности или из горных выработок, изменение физического или химического состояния полезного ископаемого в недрах и извлечение его по скважинам на поверхность. Для перевода твердых полезных ископаемых в транспортабельное состояние применяют механическое разрушение, плавление, растворение, химическую и бактериально-химическую обработку.

*Руда* – минеральное вещество, из которого целесообразно извлекать полезные компоненты при современном уровне техники и экономики. Необходимость последующей переработки руды для извлечения содержащихся

в ней полезных компонентов отличает руду от других видов полезных ископаемых, которые могут использоваться в природном состоянии без переработки; уголь, торф, каменная соль и др.

Руды разделяют на металлические, в которых полезные компоненты представлены металлами, и неметаллические, в которых полезные компоненты представлены различными минералами, не содержащими металлов (апатит, слюда, графит и др.).

Металлические руды делятся на руды черных, цветных, редких и радиоактивных металлов.

*Рудная масса* – смесь руды с породой, которая попадает в руду в процессе выемки.

По морфологическому признаку рудные месторождения можно разделить на пластовые, пластообразные, столбообразные, линзообразные, жильные, штокообразные и гнездообразные. Могут быть рудные тела и других форм.

*Пластовые месторождения* имеют стабильную мощность и четкие контакты с вмещающими породами. Они обычно осадочного происхождения.

*Пластообразные месторождения* характеризуются нестабильной формой и мощностью, различными углами падения. Обычно осадочного или осадочно-метаморфического происхождения.

*Линзообразные месторождения* имеют форму линзы, различные размеры и углы падения.

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

*Штокообразные месторождения* представляют собой рудное тело неправильной формы и большого размера.

*Штокверковое месторождение* – месторождение неправильной формы, представляющее собой густую сеть различно ориентированных рудных прожилков, прорезывающих массу породы.

*Гнездообразные месторождения* состоят из мелких по размерам рудных тел(гнезд) неправильной формы. Промышленное значение имеет месторождения с большим

Рудные тела характеризуются обычно мощностью, углом падения, длиной по простиранию, глубиной распространения и площадью. По мощности они делятся на пять групп: очень тонкие, мощностью менее 0,7 м; тонкие 0,7 – 2,0 м; средней мощности 5 х мощные 5 – 20 м; очень мощные более 20 м; по углу падения: на пологие – до 25%; наклонные – от 25 до 45"; крутые – от 45 до 90°.

Расстояние между нижней и верхней границами месторождения по вертикали определяет глубину распространения рудного тела. В большинстве

случаев месторождение представлено не одним, а несколькими рудными телами, нередко нарушенными сбросами, сдвигами. Чем больше тектонических нарушений имеет рудное тело, тем сложнее его разработка.

Важным фактором является характер контакта рудного тела с вмещающими породами. Контакт в одних случаях бывает выражен резко, и рудное тело имеет четкую границу с вмещающими породами. В других случаях переход от руды к пустой породе происходит постепенно, а границы промышленного оруденения можно установить только путем опробования руды на содержание полезного ископаемого.

Из физико-механических свойств наибольшее значение имеют крепость и устойчивость руды и вмещающих пород.

*Крепость* – величина, характеризующая сопротивляемость полезного ископаемого (породы), разрушаемого при добывании.

Под крепостью руд понимают совокупность таких физико-механических свойств, как твердость, вязкость, трещиноватость, слоистость. Крепость существенно влияет на выбор системы разработки, применяемых машин и механизмов и себестоимость добычи.

В настоящее время в Республике Беларусь классификация горных пород ведется по шкале крепости проф. М.М. Протодяконова. Согласно этой классификации, все породы характеризуются коэффициентом крепости  $f = \alpha_{сж} / 10$ , где  $\alpha_{сж}$  – сопротивление пород сжатию, МПа.

Довольно мягкие породы хорошо разрушаются резанием и могут размываться струей воды под большим давлением.

Породы средней крепости режутся с трудом, для их отделения от массива требуется применение буровзрывных работ.

В крепких породах отбойку ведут буровзрывным способом.

Большое значение при подземной разработке имеет устойчивость, которая заключается в способности массива горных пород, подработанного снизу или с боков, не обрушаться в течение определенного времени.

По устойчивости породы разделяют на пять групп:

– весьма неустойчивые – не допускают обнажения кровли и боков выработки без крепления;

– неустойчивые – допускают небольшое обнажение кровли, но требуют прочного поддержания ее вслед за выемкой;

– средней устойчивости – допускают обнажения кровли на сравнительно большой площади, но при длительном обнажении требуют поддержания;

– устойчивые – допускают очень значительные обнажения, требующие поддержания только в отдельных местах;

– весьма устойчивые – допускают обнажения на больших площадях, не требующие поддержания.

Большое влияние на устойчивость рудного массива и вмещающих пород оказывают трещиноватость и вязкость.

От строения и крепости руды зависят крупность и количественное соотношение отбитых кусков (кусковатость). Характеристика отбитой руды по процентному содержанию в ней кусков различных размеров выражается гранулометрическим составом: 0 – 100 мм – рудная мелочь; 100 – 300 мм – руда средней крупности; 300 – 600 мм крупнокусовая; свыше 600 мм – весьма крупная.

Кондиционным куском руды принято называть кусок с максимально допустимым по параметрам применимого оборудования размером от 300 до 700 мм. Куски руды, превышающие кондиционные размеры, называют негабаритами.

*Горное производство* – вид человеческой деятельности, направленный на добычу полезного ископаемого. Основой горного производства являются горные работы.

*Горное предприятие* – самостоятельная производственная единица, которая осуществляет разведку добычу и обогащение полезных ископаемых. Горное предприятие, служащее в основном для добычи и первичного обогащения полезных ископаемых, называют горнодобывающим.

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

*Рудник* – горное предприятие, служащее в основном для подземной добычи руд, поро химического сырья и строительных материалов. В отдельных случаях на руднике могут добывать полезное ископаемое как подземным, так и открытым способом.

Понятием рудник иногда пользуются для обозначения нескольких шахт, которые объединены в единую административно-хозяйственную единицу с централизованным хозяйством по добыче, переработке и отправке потребителю полезного ископаемого.

*Карьер* – горное предприятие, служащее для добычи полезных ископаемых открытым способом.

*Разведку* полезных ископаемых ведут путем бурения геолого-разведочных скважин и отбора из них специальных цилиндрических проб пород и полезного ископаемого, называемых кернами. Для разведочных целей используют также разведочные горные выработки. При разведке оценивают и уточняют запасы, качество и элементы залегания полезных ископаемых в недрах.

После утверждения запасов приступают к строительству горного предприятия. Месторождение вскрывают, подготавливают к очистной выемке, а затем приступают к добыче полезного ископаемого.

В процессе разработки месторождения часть его запасов теряется – остается в недрах неизвлеченной или поступает на поверхность в отвалы вместе с породой. Потери 2 – 3 % разведанных запасов неизбежны при любом способе разработки. Обычно потери полезного ископаемого в процессе разработки составляют до 10 %.

Кроме потерь при добыче происходит снижение качества добытого полезного ископаемого вследствие примешивания к нему вмещающих пород – *разубоживание*.

Потери ведут к росту затрат на разведку, подготовку и очистную выемку, а также к недополучению прибыли от потерянной части полезного ископаемого и к сокращению срока существования рудника (шахты).

Разубоживание вызывает рост непроизводительных затрат на добычу, транспортирование и переработку пустой породы, увеличение потерь полезного компонента при переработке разубоженной руды.

По Единой классификации потерь твердых полезных ископаемых при разработке месторождений все виды потерь делят на два класса:

– *I класс* – общешахтные (общерудные, общекарьерные, общеприисковые) потери.

К ним относят потери полезных ископаемых в охранных целиках около горно-капитальных выработок по границам горного отвода, под горнотехническими сооружениями, коммуникациями, зданиями и т.д.

– *II класс* – эксплуатационные потери, происходящие непосредственно в процессе разработки.

Класс эксплуатационных потерь делят на две группы по состоянию оставленного в недрах (потерянного) полезного ископаемого:

– А – потери полезного ископаемого в массиве;

– Б – потери отделенного от массива (отбитого) полезного ископаемого.

Такое деление показывает стадию производственного процесса, на котором произошли потери. В группе А выделяют следующие основные виды потерь: в недоработанной части целиков у подготовительных выработок; в целиках внутри выемочного участка, в лежащем, висячем боках (в почке, кровле) по верхней и нижней границам контуров Рудного тела (залежи, пласта); между выемочными слоями; в местах выклинивания и на флангах рудного тела (залежи, пласта); в подработанных частях рудного тела; в целиках пожарных, аварийных участков; в целиках у геологических нарушений.

В группе Б выделяются потери: в подготовительных и очистных забоях при совместной выемки и смешивании полезного ископаемого с пустыми породами; потери оставленного в выработанном пространстве отбитого полезного ископаемого; в местах обрушений завалов, в затопленных участках, а участках с

очагами возгорания; в местах погрузки, разгрузки, складирования и сортировки, на транспортных путях горного предприятия.

## **7.2 Горные работы**

Под *горными работами* понимают комплекс производственных процессов и операций по проведению, креплению, поддержанию горных выработок и выемке полезных ископаемых.

*Производственный процесс* – совокупность действий, операций и приемов, направленных на достижение конечной цели (выпуск продукции, возведение сооружений, доставка материалов и т.д.) и характеризующихся самостоятельной организацией и механизацией труда. Основными производственными процессами в горной промышленности читают очистную выемку, проведение горных выработок, транспортирование добытых угля или руды, их обогащение и отгрузку на поверхности. Главным предметом труда является горный массив, а продуктом труда – добытый и отгруженный потребителю концентрат.

*Операция* – совокупность действий и приемов, характеризующихся едиными содержанием, исполнителями, рабочим местом, оборудованием и средствами механизации труда. Операции в горной промышленности делят на основные, вспомогательные и подготовительно-заключительные. Основные операции направлены на изменение формы, положения и состояния полезного ископаемого. Вспомогательные операции сопутствуют основным, но не вносят изменений в форму, положение и состояние полезного ископаемого. Подготовительно-заключительные операции предусматривают подготовку и уборку рабочего места в начале, конце рабочей смены или при начале и завершении процесса.

Горные работы делят по назначению на следующие: выемка полезного ископаемого; проведение новых горных выработок; поддержание ранее проведенных выработок в состоянии, соответствующем правилам безопасности и технической эксплуатации.

Участки месторождения полезного ископаемого подготавливаются путем проведения горных выработок. При проведении выработки по породному пласту ее забой называют породным, а одновременно по пласту и породе (с подрывкой породы) – смешанным. Забои проводимых выработок называют подготовительными. Работы по проведению выработок на шахтах ведут на подготовительных участках и участках горно-капитальных работ. Выемку полезного ископаемого ведут в очистных забоях – местах его отделения от массива, представляющих собою поверхность пласта, которая ограничивает выработку со стороны массива и перемещается в процессе добычи полезного ископаемого. Очистные работы на шахте осуществляют добычные участки.

Отбитую породу транспортируют по горным выработкам скребковыми, ленточными или пластинчатыми конвейерами, в вагонетках с помощью электровозов или лебедок, а также самотеком по желобам, листам, рештакам и трубам. Перемещение породы в потоках воды по трубам или желобам шахтного транспорта называют *гидротранспортом*. Работы по транспортировке полезного ископаемого и породы организуют участки внутришахтного транспорта.

На разрезе добываемое полезное ископаемое транспортируют автомобилями, по железной дороге и ленточными конвейерами.

На поверхность полезные ископаемые и породу из шахты поднимают в клетях, оборудованных под заезд вне шахтной вагонетки, или в скипах – специальных сосудах. Клетки и скипы в вертикальных горных выработках движутся по направляющим проводникам, а в наклонных – порельсам. Комплекс подъемных машин и оборудования носит название *шахтного и рудничного подъема*.

Действующие горные выработки снабжают свежим воздухом, подаваемым с поверхности. Струя такого воздуха называется свежей. Воздух, проходя по горным выработкам и попадая в забой, загрязняется угольной и породной пылью, а также газами, выделяющимися из пород и в процессе работы машин и оборудования. Струя такого воздуха называется исходящей. Для отвода исходящей струи служат специальные воздухоотводящие выработки. Процесс обеспечения воздухом горных выработок и забоев называется вентиляцией. Вентиляцию рабочих мест в разрезе обеспечивают обычно за счет их естественного проветривания. Составление вентиляционных планов шахты, контроль за расходом воздуха, содержанием газов и пыли в шахтной атмосфере, состоянием техники безопасности ведут участки вентиляции и техники безопасности (ВТБ).

В горных породах содержится вода. При ведении горных работ подземные воды выделяются в горные выработки и могут скапливаться в них. Для предотвращения этого выработки проводят с уклоном в сторону главного, общешахтного водосборника, оттуда ее откачивают на поверхность насосами по трубам.

Систему сбора и удаления поступающей в горные выработки воды называют водоотливом. В водообильных шахтах или разрезах указанных мер бывает недостаточно. Тогда в массиве пород бурят скважины, обсаживают их металлическими трубами и по ним собирают воду, минуя горные выработки. Такую систему называют дренажной, а процесс удаления воды из массива – осушением.

Для работы машин и различных установок на горном предприятии используют электроэнергию и пневмоэнергию. Обеспечение действующих

установок электроэнергией называют электроснабжением, а пневмоэнергией – снабжением сжатым воздухом

Ниже определенной глубины наблюдается постепенное увеличение температуры горных пород. При повышенной температуре атмосферы условия труда в шахте ухудшаются. Поэтому в глубоких шахтах и рудниках устанавливают систему кондиционирования воздуха, т.е. его охлаждения и частичного очищения.

При ведении горных работ в шахтах могут происходить внезапные выбросы породы и газа, образование породной пыли и внезапные обрушения горного массива – горные удары. В большинстве случаев горняки научились прогнозировать эти явления и принимать меры по их предотвращению.

Силы, которые проявляются в массиве горных пород после проведения в нем выработок, называют горным давлением.

### **7.3 Петрография, элементы и формы залегания пластовых месторождений**

Верхнюю часть мантии Земли называют «земной корой». Толщина земной коры составляет от 7 до 80 км. Наибольшая глубина залегания нижней границы земной коры характерна для континентальных участков, наименьшая – для территории морей и океанов. На материках земная кора имеет довольно выдержанную толщину 30 – 40 км.

Различают коренные горные породы и наносы. *Коренные горные породы* залегают на месте своего образования, но могут изменять пространственную ориентацию в ходе геологических процессов. *Наносы* представляют собой продукты разрушения коренных пород в результате деятельности ветра, солнца, воды, изменения температуры окружающей среды; они покрывают рыхлым слоем коренные породы и обычно залегают на поверхности. В некоторых случаях коренные породы выходят непосредственно на поверхность. Поэтому наносы могут иметь толщину от нуля до нескольких сотен метров.

По происхождению (генезису) горные породы делят на три группы: магматические, осадочные и метаморфические.

*Магматическими* называют такие породы, которые образовались после остывания жидкой расплавленной магмы. К ним относят граниты, базальты, габбро и др.

Магматические породы слагают нижнюю часть земной коры, обычно имеют кристаллическое строение и образуют тела неправильной формы. При внедрении в верхние слои земной коры магма, содержащая металлы, заполняет трещины, образуя рудные жилы. Магматические породы составляют 95% общей массы земной коры.

*Осадочными* считают породы, образовавшиеся в результате разрушения и накопления других пород, химического осаждения растворенных в водоемах веществ и деятельности микроорганизмов. Осадочные породы подразделяют на обломочные, химические и органического происхождения.

Частицы минералов, накапливавшиеся и уплотнявшиеся в одинаковых геологических условиях, превращались в слой горной породы. Поэтому важным признаком осадочных пород является их слоистость – чередование слоев по мере их накопления. Для условий угленакопления характерна горизонтальная слоистость.

*Метаморфическими* считают те из магматических или осадочных пород, которые под действием высоких температур и давления изменили свой первоначальный состав и строение. К ним относят кварциты гнейсы, кристаллические (сланцы) сланцы мраморы и др. В метаморфических породах находят руды железа, меди, вольфрама, редких металлов и др.

Часто бывает, что в одном месторождении сосредоточено несколько полезных ископаемых: хромоникелевые, медно-цинковые, нефтегазовые и др.

*Бассейн* – площадь сплошного или островного развития полезного ископаемого, характеризующаяся общностью условий образования на протяжении одного геологического отрезка времени. Бассейны обычно приурочены к крупной тектонической структуре.

*Район* – часть бассейна, отличающаяся едиными геологическими условиями залегания полезного ископаемого. Геологопромышленный район – часть бассейна, характеризующаяся не только едиными геологическими условиями, но и общностью экономических, географических и исторических особенностей развития. Приведенные определения применимы с соответствующей поправкой к другим полезным ископаемым.

*Пласт* – скопление в недрах полезного ископаемого, ограниченное двумя близкими к параллельным плоскостями и имеющее значительную площадь распространения по сравнению с мощностью (толщиной накопления).

Группа пластов, залегающих совместно в порядке их генетического образования, чередующихся с вмещающими пустыми породами и объединяющихся по единому геологическому признаку (чаще всего – по возрасту), представляет собой свиту пластов. Вмещающие породы и свита пластов вместе образуют толщу. Вмещающие породы, залегающие непосредственно выше пласта, называют кровлей, ниже пласта – почвой. Пластообразное скопление пустой однородной породы или часть пласта называют слоем.

В процессе образования пластовых месторождений осадки откладывались горизонтальными или слабо наклонными слоями. Однако при разработке месторождений находят пласты и слои различного угла наклона к

горизонтальной плоскости. Это объясняется тем, что в ходе диагенеза и метаморфизма, в недрах возникали тектонические движения, которые привели к нарушениям (дислокациям) первоначального залегания пород. Геологические нарушения разделяют на пликативные (складчатые без разрыва сплошности массива) и дизъюнктивные (с разрывом сплошности).

К элементам залегания пластов полезного ископаемого относят простирание, угол падения залегания, падения и мощность. Геологическое нарушение также характеризуется своими элементами залегания.

Положение пласта в пространстве определяется линией простирания – линией пересечения пласта с любой горизонтальной плоскостью. Направление линии простирания в пространстве принято называть простиранием пласта. Так как линия простирания всегда лежит в горизонтальной плоскости, то на плане ее длина изображается без искажений.

Линию пересечения пласта с вертикальной плоскостью, перпендикулярной к линии простирания, называют линией падения. Линия падения расположена в плоскости пласта, образует прямой угол с линией простирания и всегда имеет изменение длины при изображении на плане. Исключение составляет случай строго горизонтального залегания пласта, когда понятия линий простирания и падения теряют свое значение. Направление по пласту вниз по линии падения от какой-либо горизонтальной плоскости называют падением, направление вверх – восстанием пласта. Если взять точку *O* на пересечении линий простирания *АВ* и падения *ВГ*, то перемещение какого-либо забоя от точки *O* вниз по линии *ОГ* называют движением по падению, а по линии *ОВ* вверх – движением по восстанию. В зависимости от уровня и направления отсчета одна и та же линия может являться линией падения или восстания. Она образует угол.

## ГЛАВА 8 СПОСОБЫ ВСКРЫТИЯ ШАХТНЫХ ПОЛЕЙ

Проходка горных выработок, открывающих доступ с поверхности к полезному ископаемому и обеспечивающих возможность проведения подготовительных выработок, называется вскрытием месторождения или шахтного поля.

На выбор схемы вскрытия шахтного поля или его части, влияет число вскрываемых пластов, угол падения пластов, свойства боковых пород, расстояние между пластами, мощность наносов или покрывающей непродуктивной толщи, наличие водоносных пород, тектоника месторождения, глубина разработки, газоносность пластов, рельеф местности, а также производственная мощность шахты, размер шахтного поля; срок службы шахты, уровень развития горнодобывающей техники, способ подготовки шахтного поля, системы разработки и схема вентиляции и др.

Схема вскрытия должна обеспечивать в первую очередь рациональную разработку шахтного поля в течение всех этапов работы шахты и получение стабильной проектной добычи полезного ископаемого на каждом этапе.

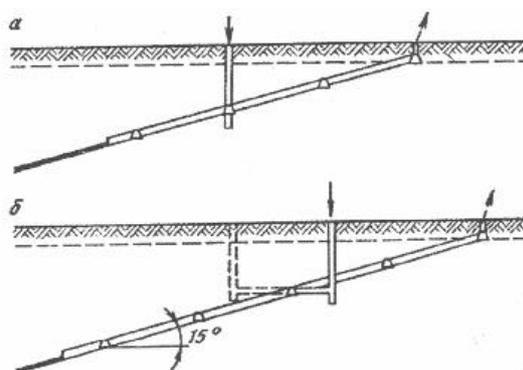
Существуют следующие схемы вскрытия:

- вертикальные стволы;
- наклонные стволы;
- штольни ;
- комбинация наклонных и вертикальных стволов (штольня);
- одиночного пласта;
- свиты пластов;
- без дополнительных вскрывающих выработок;
- с горизонтальными вскрывающими выработками;
- с наклонными вскрывающими выработками;
- с вертикальными вскрывающими выработками;
- одnogоризонтная;
- многогоризонтная.

*Схемы вскрытия вертикальными стволами* являются наиболее распространенными и применяются они при горизонтальном, пологом, наклонном, крутонаклонном и крутом залегании одиночных пластов или свиты пластов, имеющих различную форму или тектоническую структуру.

Вскрытие шахтных полей на больших глубинах (более 600 м) также производится преимущественно вертикальными стволами.

При вскрытии вертикальными стволами без дополнительной вскрывающей выработки при пологом залегании одиночного пласта, околоствольный двор может располагаться в плоскости пласта (рисунок 8.1).

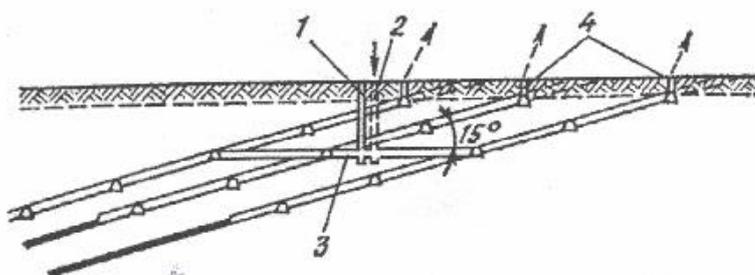


**Рисунок 8.1 –Схема вскрытия пластов вертикальными стволами без дополнительной вскрывающей выработки**

Достоинствами схемы вскрытия вертикальными стволами без дополнительных вскрывающих выработок являются относительно невысокая стоимость и сокращение сроков строительства шахты.

Наиболее часто такая схема применяется, когда приходится разрабатывать шахтные поля, включающие в себя пласты с благоприятными элементами залегания и малой газоносностью, без частых геологических нарушений и с породой, не склонной к самовозгоранию.

На рисунке 8.2 показан один из наиболее простых вариантов схемы вскрытия вертикальными стволами и капитальным квершлагом. Горные работы на каждом из трех вскрытых пластов ведутся обособленно. Для предотвращения возможности подработки верхних пластов нижними необходимо обеспечивать постоянное опережение очистных работ в верхних пластах.



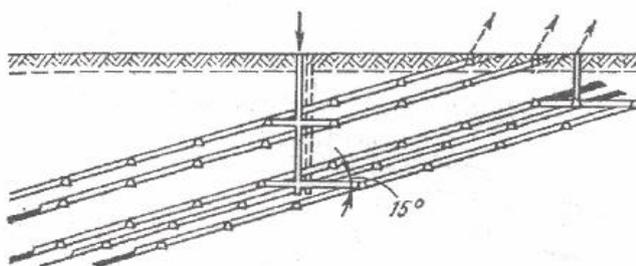
- 1 – главный ствол; 2 – вспомогательный ствол; 3 – капитальный квершлаг;  
4 – шурфы

**Рисунок 8.2 – Схема вскрытия свиты пластов вертикальными стволами и капитальным квершлагом**

Достоинства этой схемы вскрытия состоят в сравнительно небольших первоначальных капитальных затратах, значительном сроке службы горизонта, отсутствии необходимости в углубке стволов в период эксплуатации шахты.

Недостатки схемы связаны с наличием уклонных полей, поддержанием в выработанном пространстве вентиляционных выработок большой протяженности, наличием воздуха между уклонами и ходками и др.

Схема вскрытия (рисунок 8.3), отличается от ранее рассмотренной, наличием двух капитальных квершлагов, осуществляющих независимое вскрытие двух далеко отстоящих друг от друга групп пластов.



**Рисунок 8.3 – Схема вскрытия свиты пластов вертикальными стволами и капитальными квершлагами, проведенными на двух горизонтах**

Главный ствол оборудуется двумя подъемами для отдельной выдачи руды с каждого горизонта. Вспомогательный ствол может иметь один подъем, приспособленный для обслуживания.

В настоящее время часто применяют схему вскрытия вертикальными стволами с разделением шахтного поля на блоки.

Сущность схемы состоит в том, что шахтное поле делится на блоки длиной по простиранию 4 – 6 км. Каждый блок имеет индивидуальную схему проветривания, но полем угля осуществляется по общему для всей шахты скиповому стволу. Одновременно отрабатывается несколько блоков, число которых определяется производственной мощностью шахты.

Достоинства данной схемы – высокие технико-экономические показатели и значительная производственная мощность шахты (3,6 млн. т в год), надежное проветривание блоков, создание благоприятных климатических условий благодаря секционному проветриванию горных выработок в блоках и наличию нескольких выходов на поверхность.

Недостатками являются высокие капитальные первоначальные затраты, а также значительные капитальные затраты в период эксплуатации шахты, связанные с проведением блоковых стволов и квершлагов.

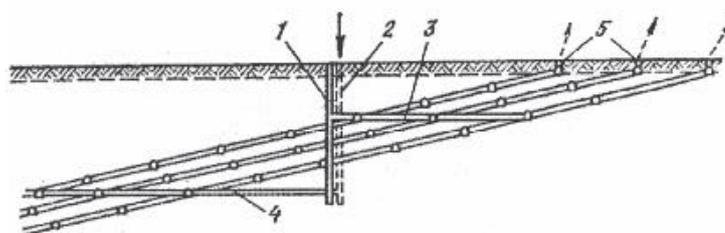
Схема вскрытия вертикальными стволами и погоризонтными квершлагами применяется при углах падения пластов от 8 до 18° и размерах шахтного поля по падению от 2500 до 4000 м и более.

Сущность этой схемы заключается в делении шахтного поля по линии падения на части путем последовательной углубки стволов и в проведении на каждом горизонте горизонтальных квершлагов, называемых погоризонтными

(рисунок 8.4). Оработку запасов можно производить как бремс-берговыми, так и уклонными полями.

Достоинствами схемы являются простота схемы проветривания, небольшие капитальные первоначальные затраты, затраты на проведение и поддержание подготовительных выработок, высокие нагрузки на очистные забои и выемочные поля.

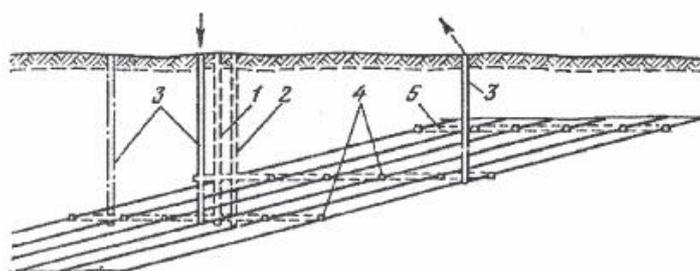
Недостатки – частые углубки стволов и меньший срок службы горизонту (по сравнению со вскрытием капитальными квершлагами), значительные затраты на проведение и поддержание квершлагов и главных штреков.



1 – главный ствол; 2 – вспомогательный ствол; 3 – квершлаг первого горизонта;  
4 – квершлаг второго горизонта; 5 – шурфы

**Рисунок 8.4 – Схема вскрытия свиты пластов вертикальными стволами и погоризонтными квершлагами**

Схема вскрытия свиты пластов вертикальными стволами и погоризонтными квершлагами при делении шахтного поля на блоки применяется при углах падения пластов до  $25^\circ$ , размерах шахтного поля по простиранию 8 – 12 км и по падению более 2,5 км (рисунок 8.5). Характерной особенностью этой схемы является наличие вентиляционных стволов на каждом из разрабатываемых горизонтов.

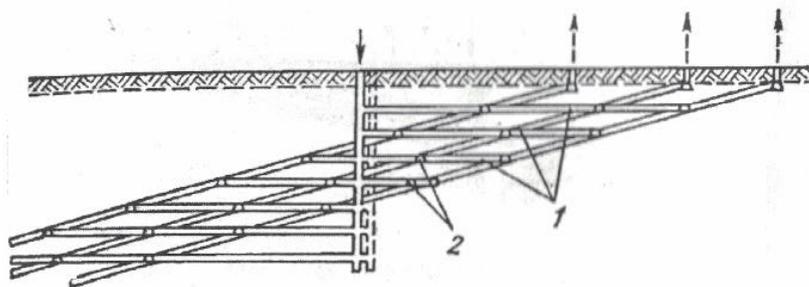


1 – главный ствол; 2 – вспомогательный ствол; 3 – блоковый ствол; 4 – погоризонтные квершлаг; 5 – вентиляционный квершлаг

**Рисунок 8.5 – Схема вскрытия свиты пластов вертикальными стволами и погоризонтными квершлагами при делении шахтного поля на блоки**

Схема вскрытия вертикальными стволами и этажными квершлагами применяется при углах падения не менее  $25^\circ$ , размерах шахтного поля по простиранию до 6 км и падению более 2,5 км и с числом пластов до 10. Сущность

этой схемы состоит в том, что вскрытие запасов производится через каждые 100 – 120 м по вертикали, начиная от поверхности сверху вниз. Указанная вертикальная высота этажа считается оптимальной. На рисунке 8.6 представлена схема вскрытия свиты пластов вертикальными стволами и этажными квершлагами, проводимыми на каждом этаже и имеющими выход к главным стволам. Данная схема вскрытия, как правило, применяется на пластах с углами падения не менее  $35^\circ$  при большом числе пластов полезного ископаемого и значительных размерах шахтных полей (по падению 2 – 4 км, по простиранию 5 – 10 км).



1 – этажные квершлаг; 2 – этажные штреки

**Рисунок 8.6 – Схема вскрытия свиты пластов вертикальными стволами и этажными квершлагами**

Этажи отрабатываются в нисходящем порядке. По мере отработки этажа заблаговременно производятся углубка стволов и подготовка нового откаточного горизонта.

Данная схема характеризуется отсутствием наклонных выработок, при ее применении обеспечиваются бесступенчатость схемы транспорта от очистного забоя до ствола, меньшие капитальные первоначальные затраты и меньший срок строительства шахты (по сравнению со вскрытием капитальными квершлагами), что способствует быстрому вводу ее в эксплуатацию, периодическая модернизация технологических схем и горно-шахтного оборудования.

Недостатками такой схемы являются малый срок службы этажа и необходимость частой углубки стволов, а также организация подъемных горизонтов и оборудование околоствольных дворов на каждом этаже, значительная протяженность квершлагов.

Для вскрытия свит пологих сближенных пластов более рациональна схема вскрытия вертикальными стволами, капитальными и этажными квершлагами. Данная схема применяется при углах падения пластов до  $25^\circ$ , размерах шахтного поля по простиранию до 6 км и по падению, до 2,5 км.

Достоинствами схемы являются значительный срок службы горизонта, возможность разработки сближенных пластов на одну наклонную выработку (бремсберг, уклон), возможность вскрытия и разработки сравнительно большого

числа пластов при размерах шахтного поля по падению до 2,5 км, сравнительно небольшие эксплуатационные затраты.

Недостатки – сложная схема транспорта и проветривания выемочных участков, а также трудности, связанные с ведением горных работ в уклонной части шахтного поля.

Вскрытие крутых пластов полезного ископаемого осуществляется, как правило, двумя и более вертикальными стволами и этажными квершлагами. В период выемки первого этажа подготавливается нижележащий этаж, и откаточные штреки вышележащего этажа служат вентиляционными для последующего. При сближенных пластах применяют их группировку с тем, чтобы поддерживать на всю длину только групповые этажные штреки. Групповые штреки проводят по одному из пластов или по пустым породам (полевые штреки), пласты группы вскрываются промежуточными квершлагами.

Достоинствами схемы являются незначительные капитальные первоначальные затраты и малый срок строительства шахты, надежные и простые схемы подземного транспорта и проветривания выемочных полей и участков, сравнительно небольшое число горных выработок на этаже.

Недостатки – малый срок службы этажа, необходимость частой углубки стволов, что усложняет работу шахты, высокая удельная стоимость околоствольных дворов, значительная протяженность этажных квершлагов и др.

Схема вскрытия вертикальными стволами и наклонными квершлагами или скатами, проводимыми по породе, применяется при углах падения пластов до  $12^\circ$ , размерах шахтного поля по простиранию 8 – 12 км и по падению 2,5 – 4 км. К недостаткам применения наклонных выработок (скатов) следует отнести необходимость оборудования их двумя или тремя отделениями – доставки оборудования и материалов. В случае применения наклонных квершлагов, оборудованных канатной откаткой или конвейером, необходим параллельный ходок для перевозки людей, оборудования, транспортирования породы и других целей.

Вскрытие вертикальными стволами с использованием наклонных выработок целесообразно применять, если расстояние между пластами большое, а проведение вертикального гезенка затруднительно или нецелесообразно с точки зрения эксплуатации. При небольшом расстоянии между пластами наклонные этажные скаты проще и удобнее в эксплуатации, чем этажные гезенки.

Схема вскрытия вертикальными стволами и капитальными (этажными) гезенками применяется для вскрытия свиты пологих пластов полезного ископаемого с углами падения до  $10 - 12^\circ$  или горизонтальных пластов при наличии сближенных пластов. Работы на каждом пласте ведутся независимо. Околоствольный двор располагают на нижнем пласте. При разработке верхних

пластов отбитая порода по гезенку перепускается на горизонт, где расположен околовольный двор.

Недостатки этой схемы вскрытия заключаются в сложности схем вспомогательного транспорта и доставки людей по гезенкам, а также в трудности, связанной с ведением работ в уклонной части шахтного поля. Однако при использовании гезенков с самотечным транспортом появляется возможность бункеризации полезного ископаемого, способствующей более ритмичной работе транспорта.

## ГЛАВА 9 СПОСОБЫ ПОДГОТОВКИ ШАХТНЫХ ПОЛЕЙ

Порядок проведения выработок, который осуществляют после вскрытия шахтного поля и который обеспечивает возможность подготовки выемочных полей, называют подготовкой шахтного поля. На шахтах калийных месторождений применяется в основном погоризонтный, панельный и этажный способы подготовки шахтных полей.

Горно-геологические и горнотехнические факторы месторождения оказывают влияние на выбор способов подготовки шахтных полей. Наибольшее влияние из горно-геологических факторов имеют газоносность и водоносность пластов, угол падения пласта, нарушенность месторождения, а из горнотехнических факторов – размеры шахтного поля по простиранию, способ проветривания и скорость проведения подготовительных выработок.

### 9.1 Подготовка пластов

Подготовка пластов является второй стадией разработки шахтных полей и классифицируется по числу пластов, по местоположению основных подготовительных выработок и комплексом обслуживаемых подготовительных выработок. В первом случае она разделяется на индивидуальную и групповую, во втором – на пластовую и полевую.

Основные выработки при пластовой подготовке проводят по пласту узким забоем, охраняя их целиком или массивом полезного ископаемого. Размеры основных целиков между панельными или, капитальными уклонами (бремсбергами) и ходком принимаются не менее 30 м; между участковым бремсбергом (уклоном) и ходком принимаются не менее 20 м; между участковым уклоном и ходком – 20 м.

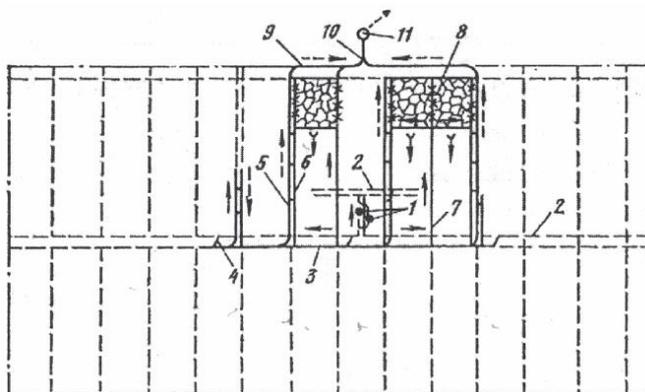
Подготовка пластов подразделяется на индивидуальную и групповую (в зависимости от числа пластов) и на пластовую и полевую (в зависимости от местоположения основных подготовительных выработок).

### 9.2 Погоризонтный способ подготовки

Погоризонтный способ подготовки наиболее перспективный при разработке пластовых месторождений и его сущность в решении пласта в пределах шахтного поля на выемочные участки, вытянутые по падению или восстанию. В каждом выемочном участке размещают одну или две лавы.

Выемочные столбы для мощных пластов при отработке лавами по восстанию (падению) должны быть не менее 800 – 1000 м. Для тонких и средней мощности пластов порядка 1000 – 1500 м. В отдельных случаях при благоприятных горно-геологических условиях размеры выемочных столбов можно принимать до 2000 – 3000 м.

Начинается подготовка пласта с проходки полевого и пластового штрека (рисунок 9.1).



1 – стволы; 2 – главный полевой штрек; 3 –пластовый откаточный штрек; 4 – квершлаг; 5 – вертикальный ходок; 6 и 7 – конвейерные бремсберги; 8 – пластовый вентиляционный штрек; 9 – главный (полевой) вентиляционный штрек; 10 – вентиляционный квершлаг; 11 – вентиляционный ствол

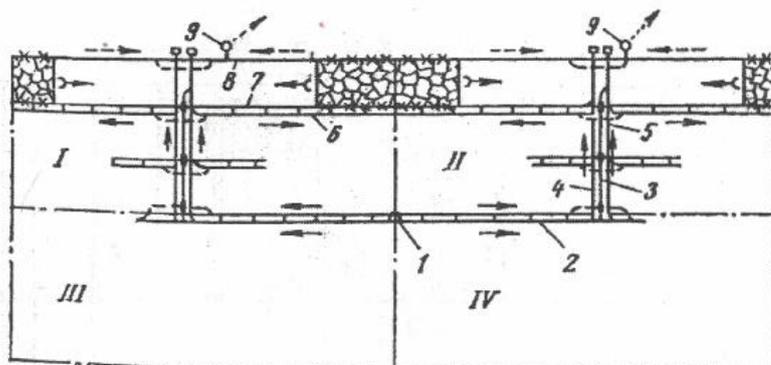
**Рисунок 9.1 – Погоризонтный способ подготовки**

По пластовому штреку в очистные забои доставляются необходимые материалы и оборудование, а по полемому штреку транспортируют добытое полезное ископаемое. От пластового штрека проходят наклонные выработки и у верхней границы горизонта они соединяются разрезной печью, образуя выемочные столбы. Схема проветривания выемочных столбов прямоточная.

Погоризонтный способ подготовки применяется для пластов с углом падения до  $10^\circ$  и любой мощности.

### 9.3 Панельный способ подготовки

При панельном способе подготовки шахтное поле по простиранию делят на участки (панели), ограниченные по падению или восстанию основными штреками (основными штреками границей шахтного поля) (рисунок 9.2).



I – IV – панели; 1 – квершлаг; 2 – главный откаточный штрек; 3 – панельный бремсберг; 4 и 5 – ходки; 6 – параллельный штрек; 7 – конвейерный ярусный штрек; 8 – вентиляционный ярусный штрек; 9 – шурфы

**Рисунок 9.2 – Панельный способ подготовки**

Панель может быть одно- или двухсторонней в зависимости от места прохождения уклона (бремсберга): если у границы панели - односторонняя; если посередине панели – двусторонняя.

Длина панели регламентируется в первую очередь условиями проветривания и транспортными средствами по наклонным выработкам. Как правило, размер панели по простиранию составляет 2500 – 3000 м, по падению – 1200 – 1500 м. В случае наличия тектонических нарушений пласта, ориентированных вкрест простирания, любые боковые породы и другие осложненные горно-геологические условия размера панели принимаются в пределах 1500 – 2000 м.

По падению панели делят на ярусы – участки пласта, в пределах панели, ограниченные выемочными штреками (конвейерным и вентиляционным). Ярусы можно вынимать одной или несколькими лавами, когда работы ведутся одновременно или с некоторым опережением в одной относительно другой.

Панельный способ подготовки применяется в условиях сложной конфигурации шахтных полей при разработке горизонтальных пластов при углах падения пластов  $11 - 35^\circ$  с выемкой их по простиранию.

#### **9.4 Этажный способ подготовки**

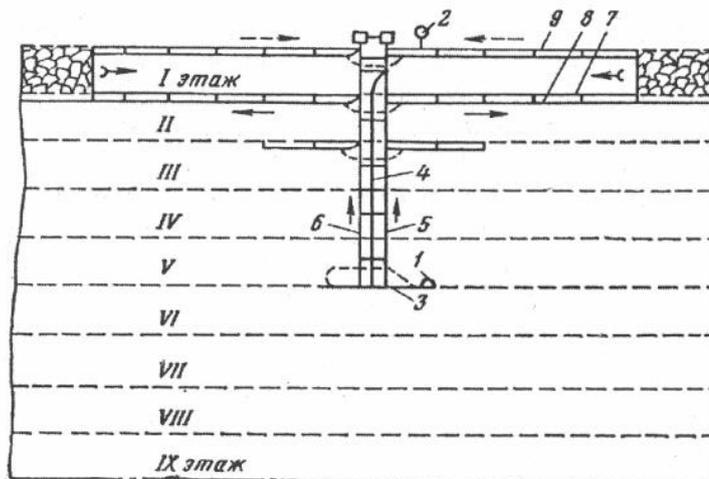
Часть пласта в пределах шахтного поля, вытянутый по простиранию и ограниченный по восстанию и падению вентиляционным и откаточным штреками, называют этажом.

Особенностью этажного способа подготовки является деление шахтного поля на этажи, вертикальная высота которых одинакова по всему простиранию пласта в шахтном поле. Длина этажа по падению при разработке наклонных пластов полезных ископаемых обычно составляет 350 – 400 м, высоту этажа принимают 145 – 155 м при разработке круто-наклонных пластов и 125 – 135 м – крутых пластов. Вертикальную высоту этажа принимают не менее 100 – 120 м.

Этажи можно разделить на подэтажи штреками. Часть этажа, обслуживаемая промежуточным бремсбергом, т.е. бремсбергом, пройденным в пределах этажа, называется выемочным полем. Выемочные поля бывают односторонними, если очистные забои располагаются с одной стороны от промежуточного бремсберга, и двусторонними, если очистные забои расположены с обеих сторон от промежуточного бремсберга.

При этажном способе подготовки (рисунок 9.3) от околоствольного двора или от места пересечения пласта капитальным квершлагом проводят главный откаточный штрек длиной до 160 м. Штрек может быть пластовым или полевым. В середине шахтного поля по восстанию пласта проводят капитальный бремсберг с двумя ходками для доставки грузов и передвижения людей. От капитального бремсберга в обе стороны проводят этажные откаточные,

вентиляционные и параллельные штреки. В зависимости от порядка выемки разрезные печи проходят на расстоянии не менее 40 м от вспомогательных ходков при прямом порядке или у границ этажа – при обратном.



1 – капитальный квершлаг; 2 – шурф; 3 – главный откаточный штрек; 4 – капитальный бремсберг; 5 и 6 – ходки; 7 – этажный откаточный штрек; 8 – параллельный штрек; 9 – этажный вентиляционный штрек

**Рисунок 9.3 – Этажный способ подготовки**

При отработке запасов последнего этажа в бремсберговой части шахтного поля приступают к подготовке этажей в уклонной части. С этой целью на длину этажа проводят капитальный уклон и два ходка, остальные подготовительные выработки проводят по уже описанной схеме.

### **9.5 Порядок отработки шахтного поля**

Порядок отработки шахтного поля следует принимать для этажного способа подготовки, как правило, прямой (от стволов к границам): для панельного способа – прямой при отработке бремсберговых полей и обратный при отработке уклонных полей (от границ к стволам).

При прямом порядке отработки в период строительства шахты вводят в эксплуатацию ближайšie к стволам панели, благодаря чему обеспечиваются минимальные сроки строительства и наименьшие первоначальные капитальные затраты. Отработка же уклонных панелей обратным порядком возможна без дополнительных затрат, так как к концу работ в бремсберговом поле откаточный штрек будет уже проведен. Кроме того, пласт будет разведен до границ шахтного поля по простираию.

Порядок отработки выемочных полей или панелей необходимо принимать обратный – от границ выемочного поля или панели к бремсбергам, уклонам и промежуточным квершлагам.

По простиранию этажи следует отрабатывать как от стволов к границам шахтного поля, так и от границ шахтного поля к стволам.

Порядок отработки ярусов в панели примерно такой же, как и этажей в шахтном поле. Ярусы в бремсберговой панели отрабатывают как по восстанию, так и по падению, если шахта относится к I – II категориям по метану, в остальных случаях их отрабатывают только в нисходящем порядке.

В уклонных полях ярусы обычно отрабатывают в нисходящем порядке.

По простиранию ярусы можно отрабатывать в направлении к границам панели и от ее границ. Учитывая, что размеры крыльев панели немного меньше, чем крылья шахтного поля при этажной подготовке, ярусы легче подготавливать к обратной выемке. Потому отработка ярусов от границ панелей применяется довольно широко.

Исходящая струя в каждой панели может направляться по параллельному ходу вниз к главному вентиляционному штреку и затем ко второму стволу; эта схема проветривания не допускается. Правилами безопасности в газовых шахтах, разрабатывающих пласты с углами падения больше 10 градусов.

Движение воздуха в очистных выработках на всем дальнейшем пути следования за ними (кроме выработок длиной менее 30 м) должно быть восходящим.

Допускается нисходящее проветривание очистных выработок на пластах с углами падения более 10° при условии, что проветривание их осуществляется по схемам, которые предусматривают дополнительную подачу свежего воздуха по выработке, примыкающей к очистному забою на нижнем горизонте.

При разработке свиты пластов необходимо различать направление отработки отдельных пластов по нормали к напластованию. Пласты свиты могут отрабатываться в восходящем, нисходящем и смешанном порядке.

Как правило, должен применяться нисходящий порядок отработки пластов, т.е. выемка пластов должна начинаться с верхнего, поскольку в этом случае условия поддержания выработок будут лучше.

Восходящий и смешанный порядок отработки применяются при первоочередной отработке защитных пластов, а также, когда это приводит к рациональному перераспределению между пластами газовыделения и горного давления.

Рабочие пласты свиты могут отрабатываться одновременно или последовательно. При пологом и наклонном залегании пластов одновременно рекомендуется отрабатывать один пласт, чаще всего отрабатывается не более 2 – 3 пластов, при крутом залегании – не более 70 – 75% рабочих пластов, а при наличии более 50% пластов, опасных по внезапным выбросам угля и газа – 60% рабочих пластов. При этом положение очистных забоев должно быть взаимоувязано в пространстве и времени.

При последовательной отработке выемка очередного пласта производится после окончания горных работ в пределах этажа, панели или горизонта предыдущего пласта. Порядок отработки пластов свиты определяется проектом ведения горных работ на горизонте.

По правилам безопасности разработку залегающих в свите пластов полезного ископаемого, опасных и угрожаемых по выбросам, следует производить только после предварительной выемки защитных пластов. Защитный пласт должен отрабатываться без оставления целиков в выработанном пространстве. В исключительных случаях допускается оставление целиков при обязательном нанесении их на планы горных работ и указании границ незащищенных зон на подзащитном пласте.

Опережающая отработка защитных пластов позволяет решить следующие задачи:

- предотвращение горных ударов;
- предотвращение выбросов угля (породы) и газа;
- обеспечение устойчивости горных выработок;
- преодоление трудностей, связанных с применением отдельных систем разработки способов выемки в условиях повышенного горного или газового давления.

При правильно выбранной последовательности отработки пластов отпадает необходимость ведения горных работ в местах особо опасных концентраций напряжений и повышенной газообильности. Так, например, первоочередная отработка 10 – 15% защитных пластов в свите (группе свит) на глубинах 800 – 1500 м обеспечивает благоприятное перераспределение горного давления и газообильности и условия разработки остальных 85 – 90% пласт. Это позволяет повысить технико-экономические показатели горных(очистных) работ.

## ГЛАВА 10 СИСТЕМЫ РАЗРАБОТКИ КАЛИЙНЫХ РУД

На рудниках ОАО «Беларуськалий» применяют следующие системы разработки:

- камерные (короткие очистные забои);
- столбовые с длинными очистными забоями;
- комбинированные.

Разработка месторождения начата с применения камерной системы, при которой предотвращаются опасные деформации подработанной толщи пород и исключается проникновение подземных вод в выработанное пространство рудников. Первоначально камеры отрабатывались буровзрывным способом, затем был осуществлен переход на машинную выемку руды из камер комбайнами ШБМ-2, ПК-8, Урал-10КС.

Предпринимались попытки раздельной выемки полезного ископаемого (сильвинита) и каменной соли (галита). Для этой цели были разработаны и изготовлены селективные комбайны ПК-11 и 2КСК. Однако испытания раздельной выемки сильвинита и галита в узких (3 – 5 м) забоях показали, что данный путь не имеет перспективы из-за низкой производительности работ.

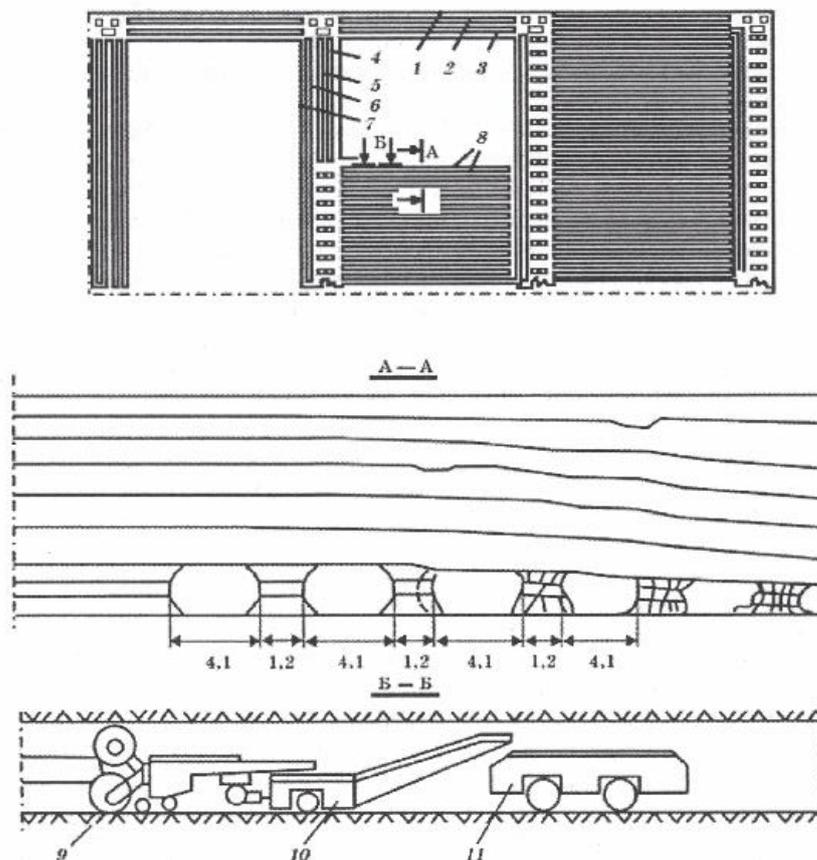
Важным шагом в области совершенствования технологии отработки Старобинского месторождения явилось создание нового варианта камерной системы разработки с плавным опусканием кровли на податливых целиках шириной не более 1,5 м (рисунок 10.1). Такая система разработки позволяет повысить извлечение запасов из недр с 35 – 40 до 65 – 70%, однако отличается сложностью поддержания подготовительных выработок в зоне влияния очистных работ и низким содержанием хлористого калия в добываемой валовым способом руде.

Анализ отечественного и зарубежного опыта разработки пластовых месторождений показал, что в условиях Старобинского месторождения наиболее эффективным путем снижения количественных и качественных потерь полезного ископаемого в недрах является переход с камерной на столбовую систему разработки длинными очистными забоями (лавами) с обрушением кровли.

Начиная с 1969 г. на месторождении был проведен комплекс научных исследований по обоснованию применения принципиально новой технологии выемки калийных пластов длинными очистными забоями.

Было установлено, что калийные пласты защищены от водоносного горизонта толщей водонепроницаемых карбонатных и каменносоляных пород мощностью до нескольких сотен метров. Нижняя часть глинисто-мергелистой толщи, залегающей непосредственно над каменно-соляными отложениями, тоже является безводной, а по своим свойствам и водоупорной. Полученные

результаты давали возможность (по условиям исключения водопроявления) применять столбовую систему с обрушением кровли на всей площади месторождения.



1, 2, 3 – панельные штреки (транспортный, конвейерный и вентиляционный); 4 – стартовый штрек; 5, 6, 7 – блоковые штреки (конвейерный, транспортный и вентиляционный); 8 – очистные камеры; 9 – проходческо-добычный комбайн; 10 – бункер-перегрузатель; 11 – самоходный вагон

**Рисунок 10.1 – Камерная система разработки с податливыми целиками и выемкой комбайном «Урал-10 КС»**

Изучение прочностных и деформационных свойств соляных пород и натурные наблюдения в опытно-промышленных условиях позволили выявить основные особенности разработки калийных пластов длинными забоями: отсутствие отжима полезного ископаемого в забое, высокая устойчивость боковых пород в призабойном пространстве, постепенное и послойное обрушение кровли за крепью.

Начиная с середины 70-х годов положительные результаты шахтных исследований и экспериментов, явились основой для повсеместного перехода рудников ОАО «Беларуськалий» на столбовую систему разработки.

Существенными преимуществами столбовой системы по сравнению с камерной можно считать:

– низкий уровень потерь при добыче (до 10 – 20%);

- возможность перехода к поточной технологии добычи руды без постоянного в перспективе – присутствия людей в очистном забое;
- более простые технологические решения по отдельной выемке сильвинитовых и галитовых слоев;
- ухудшение санитарно-гигиенических условий благодаря проветриванию очистного забоя за счет общешахтной депрессии.

За прошедший период ОАО «Белгорхимпром», ОАО «Беларуськалий» были разработаны, испытаны и внедрены различные технологические схемы валовой и селективной выемки пластов длинными очистными забоями.

Селективная выемка пластов предусматривает отдельную выемку из одного забоя полезного ископаемого (сильвинита) и породы (галита). При этом руда с большим содержанием полезного компонента КС1 направляется на переработку на обогатительную фабрику, а порода – в выработанное пространство лавы.

Под *селективной выемкой* применительно к разработке калийных пластов Старобинского месторождения понимают отдельную выемку в забое сильвинитовых слоев и породных прослоев (галит) с закладкой последних в выработанное пространство.

Селективная выемка позволяет при использовании рациональных технологий и сохранении объема полезного компонента в руде уменьшить общий объем выдаваемой из лавы руды:

- на Втором калийном пласте на 22 – 27%;
- на Третьем калийном пласте на 17 – 20% от объема руды, выдаваемой верхней и нижней лавами.

Широкое внедрение селективной выемки позволит:

- увеличить срок службы всего оборудования в цепи от лавы до выхода готовой продукции и складирования отходов обогащения. Это, прежде всего, скажется на быстро изнашиваемых изделиях: транспортерная лента и ролики ленточных конвейеров, канаты и элементы направляющих устройств подъемов, детали дробилок, мельниц, насосов и др.;
- сократить расход электроэнергии на всех технологических операциях по доставке и переработке руды, а также складирования отходов обогащения;
- уменьшить расход реагентов.

Экономический эффект при этом может быть определен учетом прямых затрат.

Селективная выемка позволяет также сократить площадь отторгаемых земель для складирования отходов обогащения и уменьшить оседание земной поверхности.

Следует отметить, что указанные преимущества в полной мере могут проявиться при сопоставимой производительности (с пересчетом на выход

готовой продукции) участков селективной и валовой выемки в аналогичных условиях.

Следует также обратить внимание на то обстоятельство, что переход от валовой к селективной выемке не требует замены всего очистного оборудования в лаве, а возможен путь его модернизации, во многих случаях непосредственно в лаве.

Впервые опыты внедрения селективной выемки были проведены на первом этапе освоения месторождения с применением камерных систем разработки. Однако осуществить селективную выемку в забое и раздельное транспортирование полезного ископаемого и породы при камерной системе специально спроектированными комбайнами избирательного действия (ПК-11 и КСК-2) не удалось.

При переходе на столбовые системы разработки были опробованы несколько способов селективной выемки и оборудования для их осуществления. На рисунке 10.2 схематически показана схема выемки слоев Второго калийного пласта по селективной технологии двух слоевыми лавами, которая нашла промышленное применение на отдельных участках шахтных полей. Однако из-за отмеченных недостатков и ограниченной области применения использование двух слоевых лав в дальнейшем не предусматривается.

В целях опробования технологии селективной выемки с извлечением галитового прослоя блоками и укладки их в выработанном пространстве в виде искусственных целиков (рисунок 10.2) для поддержания кровли вместо механизированной крепи были и испытаны экспериментальные образцы комплексов КСО<sub>2</sub> и КСО<sub>2</sub>М.

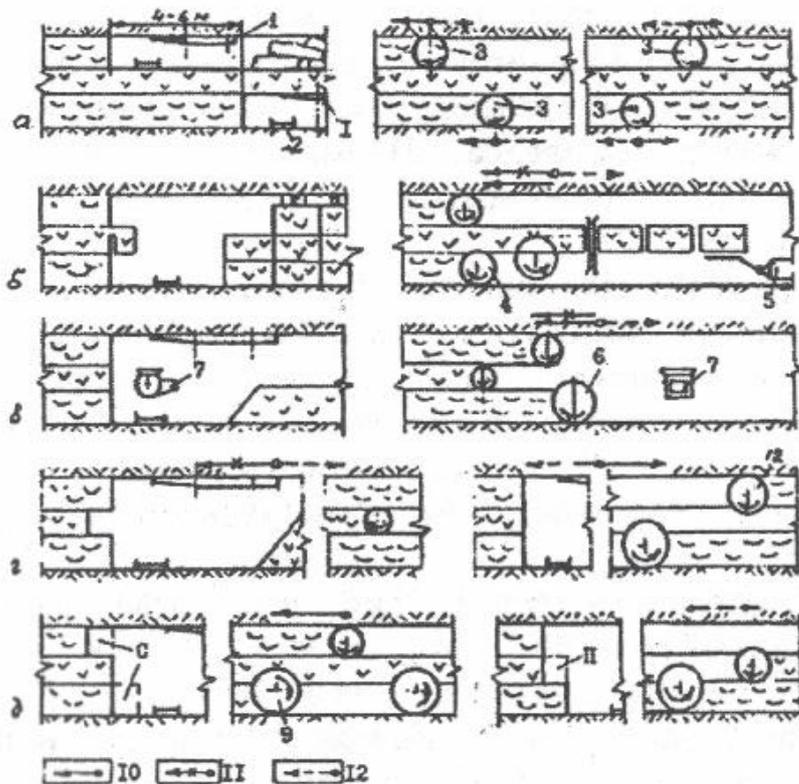
Двухшнековый комбайн выполнял операции по извлечению сильвинитовых слоев и подрезке галитовых блоков, которыми с помощью блокоукладчика закладывали выработанное пространство лавы. Блоки укладывали полосами.

Промышленные испытания подтвердили принципиальную возможность ведения очистных работ по указанной технологии.

Однако в процессе испытаний был выявлен ряд принципиальных недостатков комплекса. Поскольку диаметр шнеков комбайна определяется мощностью верхнего и нижнего сильвинитовых слоев, нижний шнек малого диаметра не обеспечивал удовлетворительную погрузку руды на забойный конвейер. В ограниченном пространстве лавы затруднена одновременная работа комбайна и блокоукладчика. Отсутствие механизированной крепи в лаве затрудняет управление кровлей в призабойном пространстве, фиксацию и передвижку забойного конвейера. При укладке блоков между ними и кровлей остается зазор, который необходимо заполнять деревянными брусками.

Все это не позволяло организовать поточную технологию выемки и высокую производительность. Работы в этом направлении прекращены.

Селективная выемка с разрушением галитового прослоя и складированием его в выработанном пространстве впервые была опробована при испытании комплекса КДС (рисунок 10.2).



а – слоевая выемка; б – выемка с извлечением галитовой прослойки блоками и укладкой их в выработанном пространстве; в – выемка одновременно трех слоев с закладкой; г – выемка с разрушением породной прослойки выдвижным (приставным) шнеком с закладкой; д – выемка с разрушением породной прослойки средним опережающим шнеком

1 – механическая крепь; 2 – забойный конвейер; 3 – одношнековый комбайн; 4 – двухшнековый комбайн с подземным диском и отрезной пилой; 5 – блокоукладчик; 6 – трехшнековый комбайн; 7 – метатель трехшнекового комбайна; 8 – двухшнековый комбайн с дополнительным выдвижным (приставным) шнеком; 9 – двухшнековый комбайн с опережающим средним шнеком; 10 – выемка сильвинита (рабочий ход); 11 – выемка галита (рабочий ход); 12 – отгон комбайна (погрузка и зачистка почвы)

**Рисунок 10.2 – Принципиальные схемы технологии селективной выемки и очистного оборудования**

В состав комплекса входили:

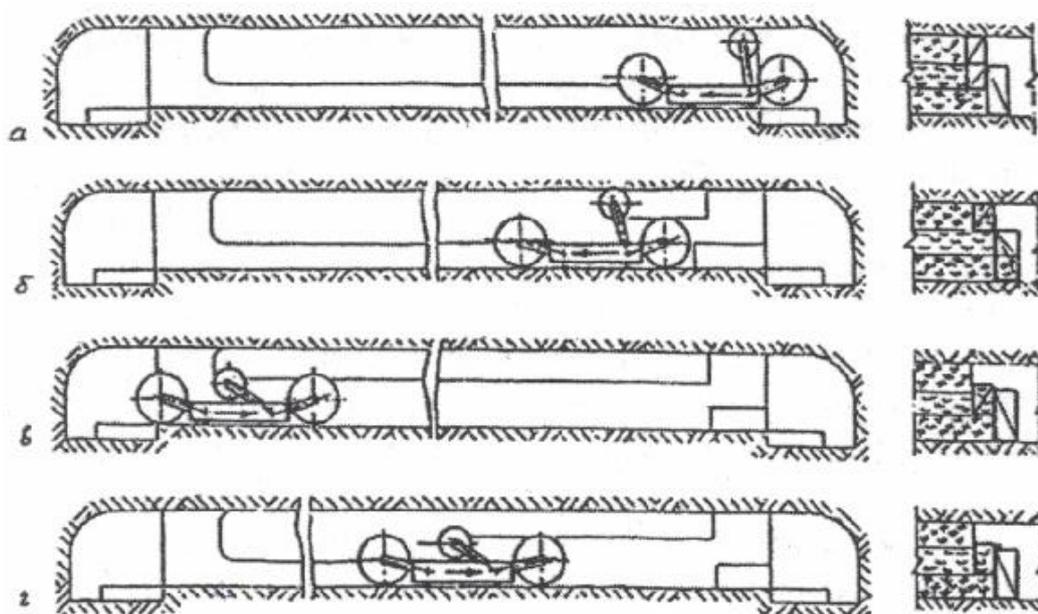
- забойная крепь;
- скребковый конвейер;

– трехшнековый комбайн.

Средним шнеком разрушался породный прослой и направлялся к установленному на комбайне роторному метателю, которым через забойный конвейер и секции крепи разрушенная порода направлялась в выработанное пространство лавы.

Однако обеспечить размещение породного прослоя в лаве по предлагаемой схеме оказалось невозможным. В процессе испытаний выявлены также другие существенные недостатки. Из-за несовершенства технических решений работы по комплексам типа КДС прекращены.

В комплексе СК1 (Гипроуглемаш, Россия) в качестве выемочной машины использовался двухшнековый комбайн, основной отличительной особенностью которого являлось наличие выдвижного телескопического шнека (рисунок 10.3). Породный прослой извлекался опережающим забоем выдвинутым телескопическим шнеком при движении комбайна в одну сторону. При обратном ходе комбайна осуществлялась выемка сильвинитовых слоев. Телескопический шнек при этом вдвигнут в шнек большего диаметра. Для закладки разрушенного породного прослоя в бортовые штреки и прилегающие зоны выработанного пространства лавы применялись роторные метатели.



а – зарубка косым заездом по сильвиниту; б – выемка сильвинита; в – зарубка по галитовому прослою; г – выемка галитового прослоя

**Рисунок 10.3 – Принципиальная схема комбайна КС-2.  
Технология селективной выемки**

Из-за неудовлетворительной погрузочной способности и сложности конструкции исполнительного органа предложенное техническое решение себя не оправдало.

Проведены приемочные испытания комплекса селективной выемки СК1М с комбайном КС-2, разработанным на базе двухшнекового комбайна унифицированного ряда РКУ, имеющим два исполнения:

– с дополнительным (приставным) шнеком, устанавливаемым согласно с одним из основных шнеков при выемке породного прослоя и демонтируемым при выемке силвинитовых слоев (рисунок 10.2);

– с дополнительным (средним) шнеком, установленным с опережением в сторону забоя на величину полезного захвата (рисунок 10.2,10.3).

Исполнение комбайна КС-2 с приставным шнеком, при котором в каждом цикле (снятие одной стружки) необходимо демонтировать, а затем устанавливать приставной шнек для выемки породного прослоя, получило отрицательную оценку.

Дальнейшие испытания комплекса СК1М проводились после его существенной модернизации с комбайном КС-2, выполненным с дополнительным опережающим шнеком.

Для размещения в выработанном пространстве лавы разрушаемого породного прослоя в полном объеме в средней части лавы пройден вентиляционный штрек, в котором установлены перегружатель и дополнительный метатель. Забойный конвейер в этом месте оснащен разгрузочным устройством, которое представляло собой окно в днище рештака и дистанционно управляемый шибер.

В таком исполнении с некоторыми перерывами комплекс СК1М длительное время эксплуатировался на руднике Второго рудоуправления. Основные технические решения прошли длительную проверку и послужили базой для дальнейшего развития селективной выемки. В процессе испытаний выявлен ряд существенных недостатков комплекса СК1М.

# ГЛАВА 11 ГОРНО-ПРОХОДЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

## 11.1 Общие сведения

Из многочисленной группы оборудования для механизированного проведения подготовительных выработок и добычи полезных ископаемых в коротких забоях рассмотрим оборудование, которое нашло применение при разработке Старобинского месторождения, главным образом, для проведения подготовительных выработок с попутной добычей калийной руды.

На калийных рудниках применяется два типа комплексов оборудования для проведения подготовительных выработок: комбайн – самоходный вагон; комбайн – бункер перегружатель – самоходный вагон.

При работе по первому варианту руда от комбайна поступает в самоходный вагон, которым доставляют к месту разгрузки. Однако после заполнения вагона комбайн вынужден простаивать. Поэтому комбайн в комплексе с самоходным вагоном используется при зарубке, проходке ниш, сбоек и других выработок, проведение которых характеризуется небольшим расстоянием доставки и повышенными требованиями к маневренности оборудования.

При работе комбайна в комплексе с бункером-перегружателем и самоходным вагоном обеспечивается более высокая производительность. После заполнения вагон и ухода его к месту разгрузки руда поступает в бункер – перегружатель быстро загружает вагон и цикл повторяется. В этом случае при определенном расстоянии доставки полностью устраняются простои комбайна в ожидании вагона.

Для разработки Старобинского месторождения калийных солей создавались специальные виды проходческо-добычного оборудования, а также использовалось оборудование, предназначенное для других горнодобывающих отраслей.

На первом этапе освоения месторождения наиболее широкое распространение получили проходческие комбайны типа ШБМ, выпускаемые Ясиноватским машиностроительным заводом (Украина).

Комбайн предназначен для проведения подготовительных выработок арочной формы сечением  $7,5 \text{ м}^2$  по устойчивым породам.

Комбайн работал с подвесным перегружателем, под которым, размещалось доставочные средства.

Исполнительный орган представляет собой трехлучевой бур диаметром 3 м. К лучам бура прикреплены державки со специальными резцами. В центральной части бура располагается забурник. При вращении исполнительного органа зубки прорезают концентрические щели, а оставшиеся между ними гребни отламываются коническими скалывателями.

Разрушенная исполнительным органом горная масса падает на почву выработки между забоем и отгораживающим щитом, забирается ковшами, укрепленными на лучах бура, и через разгрузочные окна в верхней части щита направляется на ленточный конвейер комбайна и затем на перегружатель.

Для придания выработке арочного сечения комбайн имеет две бермовые фрезы.

Подача исполнительного органа на забой и передвижение комбайна по выработке осуществляется распорно-шагающим механизмом.

Привод исполнительного органа осуществляется от главного двигателя через эластичную муфту и четырехступенчатый редуктор, от которого вращение передается также бермовым фрезам.

Учитывая важную роль в деле освоения разработки Старобинского месторождения, комбайн ШБМ, отработавший свой ресурс, установлен на постаменте перед входом в здание Первого рудоуправления.

Отработанные технические решения использованы в комбайнах ПК-8, а затем ПК-8М.

## 11.2 Проходческий комбайн ПК-8М

Опытный образец комбайна ПК-8 (Гипроуглемаш, Москва) в 1965 г. успешно прошел промышленные испытания и выпускался Ясиноватовским машиностроительным заводом до 1976 г. В дальнейшем после проведения модернизации под шифром ПК-8М комбайн выпускался длительное время, главным образом для калийных рудников.

В настоящее время комбайн ПК-8М, несмотря на неполное соответствие его современным требованиям к такого класса горному оборудованию, является основной машиной при проведении подготовительных выработок при разработке Старобинского месторождения.

Комбайн ПК-8М предназначен для ведения добычных работ и проходки подготовительных выработок (таблица 11.1).

Таблица 11.1 – Техническая характеристика комбайна ПК-8М

Наименование показателей	Норма
1	2
Производительность, т/мин.	4,2
Размеры сечения выработок, м:	
– высота	3; 3,2
– ширина	3; 3,2
Площадь сечения выработки, м <sup>2</sup>	8; 9
Угол наклона проходимой выработки, град.	±15
Исполнительный орган	Буровой

1	2
Максимальная скорость резания, м/с	1,7
Скорость движения, м/ч:	12
– рабочая	180
–маневровая	250
Клиренс, мм	взрывобезопасное
Электрооборудование	660
Питающее напряжение, В	1
Число питающих кабелей	5
Число электродвигателей	356
Суммарная установленная мощность, кВт	
Основные размеры, мм:	9200
– длина	2100
– ширина	3000; 3200
– высота	62
Масса, т	

Исполнительный орган комбайна включает внешний и внутренний буры, забурник, погрузочные ковши, устройство для перевода исполнительного органа в транспортное положение, цилиндрическую и планетарную часть редуктора и два электродвигателя. Внешний и внутренний буры насажены на концентрично расположенные валы планетарной части редуктора и вращаются в противоположные стороны, обеспечивая этим уравновешенность комбайна при работе. Внешний бур выполнен в виде крестовины, в клиновых направляющих которой установлены четыре подвижных луча с погрузочными ковшами. Ковши предназначены для погрузки отбитой руды из забоя. При вращении внешнего бура ковши зачерпывают руду в нижней части забоя, транспортируют ее в верхнее положение и через специальное окно в обечайке подают руду на конвейер. Редуктор исполнительного органа снабжен системой принудительной смазки для случаев работы комбайна на больших углах.

Механизм бермовых фрез и отдельных барабанов состоит из электродвигателя, промежуточного редуктора, карданного вала, редуктора бермовых фрез, бермовых фрез закреплены правая и левая бермовые фрезы. Они предназначены для выравнивания почвы выработки расширения ее по низу до 3 – 3,2 м. Каждая бермовая фреза состоит из 2 оснащенных режущими полукорпусов с горизонтальным разрезом, образующих двухзаходный шнек, переходящий у корпуса редуктора в две радиальные лопатки. При отсоединении быстросъемных державок между торцом фрезы и стенкой выработки образуется зазор 150 мм, достаточный для беспрепятственного перемещения комбайна по пройденной выработке. Шнеки и радиальные лопатки подают отбитую руду в зону действия

погрузочных ковшей. Отрезное устройство со сменными барабанами служит для разрушения гребешка, остающегося над бермовыми фрезами. Разъемный хомут позволяет при отгоне комбайна сдвинуть барабан к продольной оси на 100 мм для обеспечения необходимого зазора между ним и стенкой выработки.

Ленточный конвейер предназначен для доставки руды в транспортные средства, устанавливаемые за комбайном. Конвейер смонтирован на корпусе главного редуктора. Он состоит из 4 секций, ленты шириной 1000 мм и привода.

Щит служит для изоляции призабойного пространства от проводимой выработки. Он состоит из отдельных сварных секций и по контуру оснащен резиновыми манжетами из конвейерной ленты.

Пылеотсасывающая установка состоит из центробежного вентилятора с электродвигателем, всасывающих коробов, матерчатого рукава-фильтра и прорезиненного рукава, соединяющего нагнетательный патрубок с фильтром. Рукав-фильтр крючками подвешивается к тросу, закрепленному на хвостовой части конвейера и на бункер-перегрузателя.

Ходовая часть состоит из рамы и двух гусеничных тележек. В опорах рамы при помощи двух осей и двух гидроцилиндров подъема шарнирно установлен блок основных механизмов комбайна. Гусеничная тележка состоит из рамы, гусеничной цепи, натяжного устройства, опорных катков, редуктора и гидродвигателя (ВЛГ – 400А). Гидродвигатель через зубчатую муфту приводит в движение вал, на котором свободно на подшипниках установлены шестерни с зубчатыми полумуфтами. Обойма зубчатой муфты, вращается вместе с валом, вводится гидроцилиндром в зацепление с одной из полумуфт, обеспечивая включение рабочей или маневренной скорости комбайна. Механизм переключения скоростей имеет также ручное управление. В каждый редуктор встроены тормоз, выполненный в виде кулачковой муфты, у которой одна полумуфта насажена на вал редуктора, а вторая входит в направляющие корпуса редуктора. Полумуфты соединяются под действием пружин. Одновременно с включением гидродвигателя масло подается в гидроцилиндр, который разъединяет полумуфты и растормаживает редуктор.

Гидросистема комбайна предназначена для привода и переключения скоростей ходовой части, подъема и опускания хвостовой части конвейера, управления положением комбайна, управления положением комбайна в пространстве, подключения к установке дренажного бурения. Гидросистема состоит из пульта, объемных регулируемых гидропередач, аппаратуры управления и контроля, вспомогательных устройств и системы гидрокоммуникаций.

Электрооборудование комбайна включает электродвигатели, станцию управления (СУБК-8УБ) с пусковой и защитной аппаратурой, аппаратуру управления, освещения, сигнализации и кабельной разводки.

Управление комбайном осуществляется с рабочего места машиниста. Направление движения комбайна в горизонтальной плоскости изменяется отталкиванием от стенок выработки передними и задними гидродомкратами, а вертикальной плоскости – качением гидроцилиндрами блока основных механизмов комбайна относительно ходовой части. Управление боковым креном комбайна осуществляется путем поднятия или опускания гидроцилиндрами одного из скребков, т.е. изменением толщины слоя штыба под гусеницами.

### **11.3 Проходческо-очистной комбайн «Урал – 10КС»**

Комбайн «Урал-10КС» предназначен для проходки подготовительных выработок и очистной выемки в камерах калийных пластов мощностью 2,1 – 2,6 м с сопротивлением резанию до 4,5 кН/см (таблица 11.2).

Комбайн оснащен исполнительным органом планетарного типа. Он имеет ступенчатую регулировку по мощности пласта без применения сменных узлов и бесступенчатую регулировку в диапазоне до 100 мм.

Комбайн включает сдвоенный главный исполнительный орган, отбойное устройство, бермовый орган, конвейер, ходовую часть, бурильную и пылеотсасывающую установки, щит, гидравлическое и электрическое оборудование.

Каждый из двух главных исполнительных органов включает основной редуктор, раздаточный редуктор с двумя раздвижными рукоятями, два резцовых диска и забурник. Рукояти свободно насажены на цапфы корпуса. Они могут поворачиваться друг относительно друга и в рабочем положении зафиксированы болтами.

Забурник служит для разрушения целика породы размером 100 – 150 мм, образующегося между резцовыми дисками. Вращение диска передается от электродвигателя через планетарную передачу, вал, коническую пару и цилиндрическую передачу. Переносное вращение резцовым дискам сообщается от электродвигателя через планетарные передачи, цилиндрическую пару, зубчатую муфту и полый вал, к которому прифланцован раздаточный редуктор с резцовыми дисками. Для уравнивания сил, действующих на комбайн, главные исполнительные органы имеют встречное направление вращения. Редуктор переносного вращения является синхронизатором, обеспечивающим согласованные вращения главных исполнительных органов при работе. Зубчатая муфта позволяет отключить полый вал от привода переносного вращения и снять положение при отгоне комбайна.

Отбойное устройство состоит из электродвигателя, двухступенчатого планетарного редуктора, двух рукоятей и барабана. Вращение барабану от электродвигателя передается через планетарные передачи, ведущую и ведомые

шестерни. Устройство установлено шарнирно и поддерживается в рабочем и транспортном положении двумя гидроцилиндрами.

Таблица 11.2 – Техническая характеристика комбайна «Урал – 10 КС»

Наименование показателей	Норма
1	2
Производительность, т/мин.	4,0
Размеры сечения выработок, м:	
– высота	2,2; 2,4; 2,6
– ширина	4; 4,4
Площадь сечения выработки, м <sup>2</sup>	8,3 9,4 10,5
Угол наклона проходимой выработки, град.	+12
Исполнительный орган	планетарно-дисковый
Максимальная скорость резания, м/с	1,7
Скорость движения, м/ч	120
Клиренс, мм	210
Электрооборудование	взрывобезопасное
Питающее напряжение, В	660
Число питающих кабелей	2
Число электродвигателей	11
Суммарная установленная мощность, кВт	464,8
Основные размеры, мм:	
– длина	12300
– ширина (по гусеницам)	2290
– высота	2200; 2400; 2600
Масса, т	63

Главные исполнительные органы, отбойные устройства и часть щита ограждения установлены на сварно-литой платформе П-образной формы, связанной с рамой грузчика осью и двумя гидроцилиндрами для обеспечения подъема и опускания электродвигателей исполнительного органа.

Бермовый орган смонтирован на передней части рамы и включает два привода (левый и правый), боковые фрезы и расположенный между ними штрек. Шнек установлен в кронштейнах на подшипниках и состоит из центральной и боковых частей, связанных между собой приводами и зубчатыми муфтами. Для кинематического разделения левого и правого центральная часть шнека выполнена разрезной. Обе ее половины смонтированы на общем валу и имеют встречное направление спиралей для подачи отбитой руды к конвейеру. На внешнем торце каждой фрезы закреплены две гребенки с резцами. Каждый из приводов состоит из планетарного цилиндрикоконического редукторов. Вращение

боковым фрезам передается через планетарные передачи, коническую и цилиндрическую пары.

Одноцепной скребковый конвейер шириной 500 мм имеет подъемно-поворотную концевую секцию, управляемую одним гидроцилиндром подъема и двумя гидроцилиндрами поворота. Привод конвейера размещен на хвостовой раме и состоит из двух электродвигателей, двух редукторов и приводной головки, соединенной с редукторами телескопическими валами. Головка установлена в направляющих хвостовой рамы и при помощи двух гидроцилиндров может перемещаться для обеспечения необходимого натяжения цепи. Вращение от электродвигателя через цилиндрические пары, телескопический вал, коническую и цилиндрические пары передается приводному валу и звездочке.

Скребковый конвейер и бермовый орган образуют грузчик комбайна, который шарнирно подвешивается к гусеничному ходу при помощи двух цапф и двух гидроцилиндров. Такая подвеска обеспечивает возможность управления движением комбайна в вертикальной плоскости.

Комбайн оборудован гусеничным ходом с распорными лыжами, бурильной пылеотсасывающей установками, системой смазки и заправки редукторов маслом, насосной станцией, гидро- и электросистемами

Управление всеми механизмами комбайна осуществляется с электрического и гидравлического пультов, расположенных рядом с поворотным сидением машиниста комбайна.

## **11.4 Бункер-перегрузатель**

Бункер-перегрузатель БП-25 предназначен для приема и накопления руды от комбайна и последующей ускоренной ее погрузки в вагон (таблица 11.3).

Бункер-перегрузатель состоит из кузова, донного скребкового конвейера, ходовой части, вспомогательных устройств, электрооборудования и пылеотсасывающей установки.

Кузов состоит из горизонтальной, наклонной и поворотной рам, боковых бортов и передней стенки.

Поворотная рама позволяет бесступенчато регулировать высоту разгрузки в диапазоне 1200 – 2050 мм.

Донный двухцепной скребковый состоит из привода, приводного и натяжного валов, скребковой цепи. Привод крепится к горизонтальной раме и включает четырехступенчатый цилиндрический редуктор и прифланцованный к нему электродвигатель.

Ходовая часть состоит из мостов и сцепок. Передний мост неуправляемый. Колеса переднего моста снабжены храповыми механизмами для торможения бункера-перегрузателя на уклонах при случайном рассоединении его с

комбайном. В зависимости от направления движения при помощи рукоятки включается один из двух храповых. Задний мост подвешен шарнирно к основанию и может поворачиваться в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Бункер-перегрузатель соединяется с комбайном жесткой сцепкой и дополнительной канатной сцепкой, предохраняющей кабель от растягивающих усилий и обрыва при случайной расстыковке.

Таблица 11.3 – Техническая характеристика бункера-перегрузателя БП-25

Наименование показателей	Норма
1	2
Масса перегружаемой руд, т	25
Вместимость бункера, м <sup>3</sup> , не менее	21
Дорожный просвет, мм	300
Высота загрузки, мм	1450
Высота разгрузки, с, не более	2730
Скорость движения порожнего бункера, км/ч, не более	1 9979/9830
Габаритные размеры, мм:	
– длина	2900
– ширина	3540/3150
– высота	4700
База, мм	2450
Масса, кг, не более	15000

Боковые распоры используются при работе с комбайном ПК-8М. Они предназначены для обеспечения минимально допустимого зазора между перегружателем и стенкой выработки. Питание электродвигателей осуществляется по гибкому экранированному кабелю от магнитной станции комбайна через магнитный пускатель.

Управление бункером-перегрузателем производится дистанционно машинистом комбайна с его рабочего места при помощи кнопочного поста управления.

Пылеотсасывающая установка состоит из вентиляции В-2М (производительность 180-250 м<sup>3</sup>/мин) с электродвигателем (мощность 20 кВт), металлического короба, вытяжного зонта, прорезиненных и металлических труб. Запыленный воздух вентилятором нагнетания по трубам в выработанное пространство. Конструкция пылеотсасывающей установки обеспечивается отводом запыленного воздуха от комбайна и бункера-перегрузателя по общему трубопроводу.

В процессе проходки выработки бункер-перегрузатель сцеплен с комбайном и транспортируется им. Заполнение бункера осуществляется периодическим перемещением цепи конвейера. Разгрузка осуществляется при непрерывно работающем конвейере.

### **11.5 Самоходные вагоны**

Самоходные вагоны: 5ВС-15М, 10ВС-15, и др., предназначены для безрельсовой транспортировки челночным способом калийной руды на рудниках Старобинского месторождения солей, а также горной массы и полезных ископаемых с плотностью в разрыхленном состоянии 1,25 – 1,35 т/м<sup>3</sup> в подземных рудниках и шахтах в опасных по газу метану горных выработках с минимальными размерами 3 м по ширине и 2,4 м по высоте.

Вагон применяется в проходческих и проходческо-очистных комплексах совместно ПК-8МА, «Урал 10А», «Урал 20А», «Урал 60А», «Урал 60А», «Урал 70», 4ПП-2СМ, бункерами-перегрузателями, вагонами типа 5ВС-15М, и др., погрузочными машинами типа ПНБ и ППМ и является средством призабойного транспорта.

Вагон работает в следующих условиях:

– почва выработки – каменная или калийная соль, толщина штыба до 100 мм, неровности почвы (выступы) до 100 мм; неровности почвы (выступы) до 100 мм;

– гранулометрический состав транспортируемого материала – 0,50 мм (до 96% по объему).

Основными узлами вагона являются: кузов с донным скребковым конвейером, привод конвейера и маслососов, ходовая часть, привод хода, кабелеприемное устройство, кабина водителя, гидро-и электросистема.

Кузов состоит из рамы и бортов. Для реализации паспортной грузоподъемности устанавливаются жесткие дополнительные боковые борта высотой 150 – 250 мм и гибкий задний борт.

Донный скребковый конвейер предназначен для равномерного размещения в кузове руды и последующей ее выгрузки. Он состоит из приводного и натяжного валов, установленных на торцах рамы, и снабжен двумя катками, служащими направляющими для ветвей скребковой цепи. Натяжение цепи осуществляется перемещением вала в пазах рамы кузова двумя винтами. Кузов с донным конвейером установлен шарнирно на раме ходовой части и двумя гидравлическими цилиндрами может подниматься, обеспечивая возможность разгрузки практически на любые средства последующего транспорта.

Привод конвейера маслососов установлен на раме ходовой части и состоит из двухскоростного электродвигателя, редуктора маслососов и промежуточного редуктора с карданным валом.

От электродвигателя вращение через шестерни передается трем маслососам, а через фрикционную муфту и карданный вал – редуктору с конической передачей приводного вала конвейера. Фрикционная муфта служит для периодического подключения привода конвейера (при погрузке и разгрузке руды) к постоянно работающему электродвигателю. Карданный вал позволяет передавать крутящий момент приводному валу конвейера при переменном по высоте положении кузова.

Ходовая часть вагона состоит из рамы переднего и заднего мостов. Все колеса вагона являются ведущими и управляемыми. Жесткое крепление заднего моста и балансирная подвеска переднего моста обеспечивают устойчивость вагона и надежное сцепление колес с неровной почвой выработок. Колеса каждого моста соединены между собой и рамой хода несущей балкой. На концах балки установлены конические редуктора, к проушинам корпуса которых шарнирно подвешены колеса. Внутри ступицы каждого колеса установлены планетарный редуктор и колодочный тормоз с приводом от гидроцилиндра. Вращение колесу от конического редуктора передается через шарнир.

Вагон оснащен приводами хода левых и правых колес. Каждый привод включает трехскоростной электродвигатель, прифланцованный к нему редуктор с двумя выходными валами, систему карданных передач и стояночный тормоз. Крутящий момент от электродвигателя к коническому редуктору заднего колеса передается цилиндрическими парами и карданным валом, а к коническому редуктору переднего колеса – цилиндрическими парами к трем карданным валам, имеющим промежуточные опоры. Вагон оборудован тормозом стояночного типа.

Кабелеприемное устройство состоит из кабельного барабана, насосомотора, кабелеукладчика и выводного устройства. Внутри кабельного барабана установлен токосъемник с контактными кольцами. При намотке кабеля насосомотор вращается кабельным барабаном и работает в режиме насоса.

Система гидропривода барабана автоматически переключается из режима высокого давления, необходимого при остановке вагона или наматывании кабеля в режим низкого давления – при разматывании кабеля. Одновременно с вращением кабельного барабана при помощи цепной передачи вращается винт кабелеукладчика. Винт имеет левую и правую замкнутые канавки, в которые входит фиксатор направляющего ролика. Втулка ролика удерживается от вращения направляющей и при вращении винта движется возвратно-поступательно вместе с направляющим роликом, обеспечивая равномерную укладку наматываемого на барабан кабеля.

Кабина, установленная на амортизаторах, оборудована сиденьем, рулевой колонкой, блоком, пультами и панелью управления, двумя педалями управления ходом и переключения скоростей, двумя передачами тормоза, кранами для включения конвейера и стояночного тормоза, золотником подъёма кузова и кнопкой «сигнал».

Рулевое управление включает рулевой привод и рулевую конку с гидрорулем. Рулевой привод состоит из систем тяг и рычагов, связывающих колёса между собой и с двумя гидроцилиндрами. При неподвижном рулевом колесе масло нагнетается насосом и по соединительным трубопроводам через гидроруль и фильтр сливается в маслобак. При повороте рулевого колеса право золотник-распределитель и насос-дозатор гидроруля направляют определенное количество масла, пропорциональное углу поворота рулевого колеса, к цилиндрам рулевого привода, которые обеспечивают поворот вагона. Обратные клапаны и насос-дозатор гидроруля позволяют создать давление в системе поворота рулевого колеса для управления вагоном при неработающей маслостанции.

Электроснабжение вагона осуществляется от магнитного пускателя установленного на штреке по гибкому экранированному кабелю круглого сечения повышенной прочности. Электрическая схема вагона предусматривает дистанционное включение пускателя. Непосредственно из кабины вагона включается две скорости вращения электродвигателя конвейера и маслонасосов, три фиксированные скорости движения вагона вперед-назад, автоматический разгон вагона отключение одного из ходовых двигателей для уменьшения радиуса поворота, освещение и сигнализация. Предусмотрены блокировка, общая защита силовой сети вагона и индивидуальная защита электродвигателей и трансформатора от перегрузок и токов короткого замыкания.

Несмотря на имеющиеся недостатки самоходного вагона 5BC-15M, Воронежский машиностроительный завод (Россия) длительное время выпускает вагоны практически без изменения конструкции.

К существенным недостаткам, присущим вагону 5BC-15M, можно отнести следующие.

Транспортное средство – вагон – имеет три фиксированные скорости без плавной регулировки. Это усложняет его маневренность. Причём при переключении на более низкую передачу одновременно уменьшается мощность привода.

Недостаточно эффективно работает кабелеприемное устройство, что приводит к повышенному износу питающего кабеля. В результате движения кабеля в направляющем механизме с резкими изгибами внутри резиновой оболочки силовые жилы перемещаются относительно друг друга. При этом разрушается изоляция и питающий кабель преждевременно выходит из строя.

В связи с этим в ряде случаев вынуждены переходить к другому несовершенному способу перемещения питающего кабеля – волочению его по почве вслед за вагоном. В этом случае более интенсивно изнашивается наружная оболочка кабеля что легче определяется при визуальном осмотре и соответствующих замерах. Возможен своевременный ремонт кабеля.

Самоходный вагон 79271 производства ОАО «БелАЗ» (г. Жодино). Вагон нового технического уровня для тех же условий применения разработан ОАО «БелАЗ» по техническому заданию выполненному ОАО «Белгорхимпром» и ОАО «БелАЗ».

Существенные отличия вагона заключаются в следующем.

В качестве привода использована система с частотным регулированием асинхронных электродвигателей привода хода и перемещения цепи конвейера.

Это обеспечит получение плавного регулирования скорости движения вагона и более эффективной разгрузки вагона на другие транспортные средства.

Чтобы получить заданную грузоподъемность, несколько увеличен объем кузова. Усовершенствовано кабелеприемное устройство.

Вагон оснащен пневмоамортизаторами. Изготовлены опытные образцы для проведения всесторонних приемочных испытаний в калийных рудниках.

Показатели назначения приведены в таблице 11.4

Таблица 11.4 – Техническая характеристика самоходного вагона 79721

Наименование показателей	Норма
1	2
Колесная формула	4×4
Масса перевозимого груза, кг	15000
Масса снаряженной машины, кг	17000
Масса полной машины, кг	32000
Распределение нагрузки по мостам, %	50:50
База, мм	3100
Колея (передних и задних колес) мм	2070
Габаритные размеры, мм	
– длина	8570
– ширина по платформе	2540
– высота по борту платформы	1650
– высота разгрузки при поднятой платформе	1450
– высота по поднятой платформе	2500
– дорожный просвет под балкой моста	285
– габаритный радиус поворота	8500
Вместимость платформы (с «шапкой»), м <sup>3</sup>	11,1

1	2
Угол въезда, град:	
– передний	9
– задний	12
Скорость движения (вперед и назад) по горизонтальному пути, км/ч	0.....12
Скорость движения цепи конвейера, м.с <sup>-1</sup>	0.....0,6
Время подъема платформы, сек.	9
Время опускания платформы, сек.	7
Время разгрузки, сек, не более	65
Наибольший преодолеваемый груженым вагоном подъем пути при коэффициенте сцепления колес с почвой $j = 0,45$ град.	12
Среднее давление колес на почву, МПа, не более	0,8
Суммарная установленная мощность, кВт	в пределах 110.....125

## 11.6 Проходческий комбайн 4ПП-2С

Проходческий комбайн 4ПП-2С предназначен для механизированного проведения горных выработок сечением от 9 до 25 м<sup>2</sup>, разделки камер высотой до 4,5 м, расширения выработок, пройденных роторными комбайнами по калийным солям (таблица 11.5).

Таблица 11.5 – Техническая характеристика проходческого комбайна 4ПП-2С

Наименование показателей	Норма
1	2
Техническая производительность, т/мин. (м <sup>3</sup> /мин)	1,4 (0,7)
Размер сечения выработок, м:	
– высота	2,4 – 4,5
– ширина	3,6 – 6,2
Габариты комбайна в рабочем положении, мм:	
– ширина по гусеничному ходу	2450
– высота	2100
– ширина	11500
Скорость передвижения комбайна, м/мин. до	4,0
Суммарная мощность электродвигателей, кВт	105
Масса комбайна, т	42

Исполнительный орган представляет собой блок редуктора с коронкой и электродвигателем и установлен в П-образной направляющей раме, которая при помощи цапф крепится к верхней поворотной раме корпуса комбайна. Блок

выдвигается по раме двумя гидродомкратами на величину 600 мм. Рабочий орган перемещается в вертикальной и горизонтальной плоскостях с помощью гидродомкратов. Коронка посредством забурника крепится на коническом конце выходного вала. К редуктору крепится электродвигатель типа ЭДКО4-2М, имеющий в хвостовой части вводную коронку для подсоединения питающего кабеля. Редуктор обеспечивает получение четырех скоростей вращения коронки, которые устанавливаются рукоятью управления.

Питатель представляет собой поворотный и наклонный в двух плоскостях стол со парными загребующими лапами и центральным скребковым конвейером.

Приемный стол питателя состоит из рамы, двух корпусов, редукторов лап, носка питателя, двух уширителей и промежуточного редуктора. Привод лап осуществляется электродвигателем КОФ-24.4 через промежуточный редуктора.

Ходовая часть состоит из двух гусеничных тележек с индивидуальным приводом, каждая из которых крепится к корпусу комбайна с помощью двух цапф. Натяжение гусеничных цепей производится винтом с гайкой.

Комбайн имеет ручное, дистанционное и автоматическое управление.

Дистанционное управление осуществляется переносным пультом с расстояния до 8 м. Это позволяет вывести машиниста из наиболее запыленной зоны при разрушении коронкой горного массива.

Автоматическое управление исполнительным органом осуществляется по программе заданной машинистом при выполнении образцового цикла. Используется система автоматического управления при проходке горных выработок.

### **11.7 Щеленарезная машина ЭСФ-70**

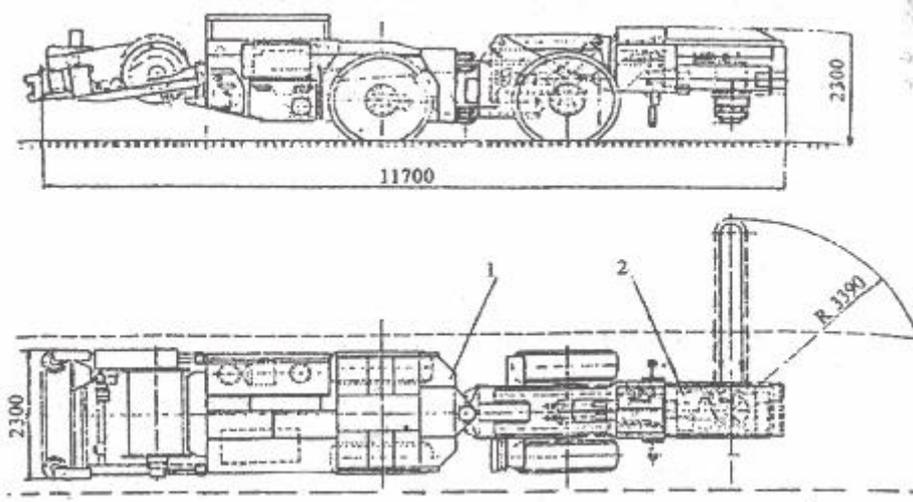
При ведении горных работ на больших глубинах (800 – 900 м), а также на участках со сложными горно-геологическими условиями обеспечить устойчивость горных выработок только за счёт применения анкерного крепления не представляется возможным.

Для условий Старобинского месторождения калийных солей ОАО «Белгорхимпром» и ОАО «Беларуськалий» разработан метод охраны горных выработок компенсационными щелями, которые прорезают в кровле, почве или боковых стенках выработок. При помощи компенсационных щелей создают условия направленного деформирования обнаженных пород при повышенном горном давлении без нарушения сплошности контура выработок. При этом срок службы выработок значительно увеличивается, а ширину охранных целиков в ряде случаев можно уменьшить. Метод охраны горных выработок компенсационными щелями оказался весьма эффективным. Для его широкого внедрения на рудниках объединения необходимы мобильные врубовые машины

на пневмоколесном ходу позволяющие прорезать щели под различными углами в кровле, почве и боковых стенках выработок.

Для рассматриваемых условий по техническому заданию ОАО «Бегорхимпром» и ОАО «Беларуськаий» фирмой «Айкхофф» разработана самоходная щеленарезная машина ЭФС-70.

Щеленарезная машина ЭФС-70 (рисунок 11.1). Область применения машины приведена в технической характеристике.



1 – самоходное шасси; 2 – врубовая машина

**Рисунок 11.1 – Щеленарезная машина ЭФС-70**

Щеленарезная машина состоит из самоходного шарниросочлененного шасси с дизельным приводом от погрузчика ПЛС-10 («Паус») и врубовой машины с электрическим приводом.

Все узлы врубовой машины (рисунок 11.2) закреплены на раме 1, которая шарнирно соединяется с самоходным шасси. Электродвигатель 2 приводит в движение режущую цепь бара 3 через редуктор 4.

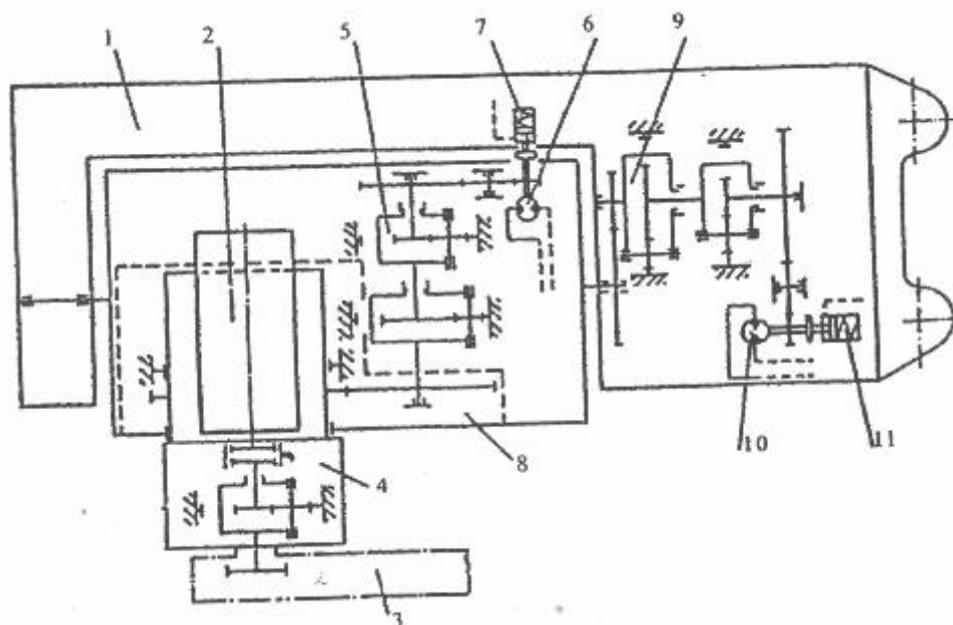
Поворот ара осуществляется редуктором поворота бара 5 с гидродомкратом 6 и тормозом 7. Корпус привода бара 8 поворачивается вдоль продольной оси машины редуктором позиционирования 9 с гидродомкратом 10 и тормозом 11. Гидромоторы питаются от гидросистемы ходовой части.

Врубовая машина снабжена арами разной длины с одной режущей цепью или с тремя параллельно расположенными цепями.

Пульт управления врубовой машины расположен в кабине самоходного шасси.

При перегоне машины по горным выработкам используется дизельный двигатель. На рабочем месте машина подключается к электросети. Между дизельным и электрическим приводами предусмотрена блокировка, исключающая их одновременную работу. Питающий электроэнергией кабель

располагается на кабельном баране вращение которого синхронизировано со скоростью движения машины.



1 – рама; 2 – электродвигатель; 3 – бар; 4 – редуктор бара; 5 – редуктор поворота бара; 6 – гидромотор; 7 – тормоз; 8 – корпус привода бара; 9 – редуктор позиционирования; 10 – гидромотор; 11 – тормоз

**Рисунок 11.2 – Врубная машина**

Положение рамы по высоте можно регулировать гидродомкратами.

Электродвигатель привода бара короткозамкнутый с водяным охлаждением. Защита от перегрева статорной обмотки срабатывает при температуре 150 С, подшипников вала – 90 С.

Охлаждающая жидкость подается к электродвигателю, насосом, расположенным в ходовой части.

Многодисковые тормоза фиксируют бара в любом положении.

### **11.8 Семейство горных машин типа «Урал» для проходческих и вспомогательных работ**

Семейство Горных машин типа «Урал» разработано ОАО «Белгорхимпром» совместно с Копейским машиностроительным заводом «объединение «Кран»).

Горные машины типа «Урал» разработаны на базе проходческого комбайна «Урал-10КС». Это позволило обеспечить высокий уровень унификации основных узлов большой группы машин, эксплуатируемых на калийных рудниках, сократить номенклатуру запасных частей, уменьшить эксплуатационные затраты.

Машины типа «Урал» эксплуатируются на рудниках ОАО «Беларуськалий».

*Машина для нарезки компенсационных щелей «Ура-50»*

Состоит из двух основных частей: врубной машины на базе режущей части машины «Урал-33» и ходовой части комбайна «Урал-10КС».

*Машина почвоподдирочная шнековая «Урал-60»*

Машина предназначена для поддирки, выравнивания и зачистки почвы горных выработок в калийных рудниках. Машина используется также при добыче каменной соли камерной системой.

*Комбайн для проходки выработок арочной формы «Урал-61»*

Комбайн предназначен для проходки подготовительных выработок арочной формы и очистной выемки при камерной системе разработок калийных пластов. Комбайн может также использоваться при разделке камер разворота и расширения проходимых выработок.

## ГЛАВА 12. ГОРНЫЕ МАШИНЫ ДЛЯ ПОДЗЕМНЫХ РАБОТ

### 12.1 Общие требования

Современное выемочное и проходческое оборудование представляет собой сложные и дорогостоящие горные машины, эффективность работы которых во многом зависит от соответствия их параметров горнотехническим условиям применения, а также предъявляемым к ним общим и специальным требованиям.

К общим требованиям следует отнести социальные, экономические, эксплуатационные и технологические.

Для решения социальных задач горные машины должны обеспечивать: максимальную безопасность обслуживания, комфортность труда; минимальные затраты ручного и тяжелого физического труда; легкость и удобство управления; необходимые санитарно-гигиенические условия труда рабочих.

К экономическим требованиям относится обеспечение минимальных трудовых и материальных затрат при изготовлении, эксплуатации, обслуживании и ремонте горных машин. Высокие технико-экономические показатели работы горных машин могут быть достигнуты комплексом мероприятий, основные из которых: увеличение производительности машин; снижение стоимости оборудования; уменьшение эксплуатационных расходов; снижение энергозатрат рабочих процессов; повышение надежности оборудования; увеличение морального и физического срока службы машин и их элементов.

Эксплуатационные требования к горным машина заключаются в обеспечении безотказного их функционирования во время эксплуатации, а также поддержании работоспособного состояния проведения своевременных технического обслуживания и ремонтов. Горные машины должны иметь высокую ремонтпригодность и быть укомплектованы современными средствами технической диагностики.

Для решение технологических задач при проектировании новых и модернизации существующих машин должна обеспечиваться технологичность их изготовления, сборки и ремонта.

К специальным требованиям к горным машинам могут быть отнесены: соответствие габаритов машин размерам рабочего пространства и возможность свободного их перемещения в забое; возможность разборки машин на узлы, позволяющие их транспортирование в стволах, горных выработках и обеспечивающие удобство их монтажа и демонтажа в условиях очистных и подготовительных забоев; достаточный запас прочности деталей машин и механизмов для восприятия высоких нагрузок как со стороны разрушаемого забоя, так и со стороны обрушающихся пород кровли; защита внутренних

полостей машин от проникновения в них пыли и влаги; защита выдвижных обработанных поверхностей деталей от вредного влияния агрессивной силы; изготовление электрооборудования с учетом требований взрывобезопасности; доступ ко всем узлам горных машин удобное их техническое обслуживание и ремонт в стесненном и недостаточно освещенном рабочем пространстве.

С учетом особенностей калийных рудников, и исходя из задач, стоящих перед калийной отраслью, следует выделить требования предъявляемые к горным машинам, предназначенным для работы в калийных забоях, а также остановиться на основных требованиях их дальнейшего совершенствования.

Перед калийной отраслью стоят следующие основные задачи:

- обеспечение заданных объемов производства и номенклатуры калийных удобрений, конкурентоспособных на мировом рынке;
- создание безопасных и комфортных условий для трудящихся;
- сохранение в регионе нормативных требований по экологии и промсанитарии.

Из поставленных задач вытекают основные требования, которым должны соответствовать горные машины для калийных рудников.

Современные технологии разработки полезных ископаемых подземным способом предусматривают, как правило, высокую концентрацию очистных работ.

Применение указанных технологий стало возможно после создания нового поколения горных машин – в первую очередь высокоэффективных очистных комбайнов, которые характеризуются высокой энерговооруженностью и надежностью в работе.

В калийных рудниках последние модели очистных комбайнов достаточно надежны в работе и имеют высокую для своих типоразмеров энерговооруженность (комбайн ЭДВ-300/760-Л-230-СВ – 1000кВт).

В условиях питающего забойного оборудования напряжение (990 В) дальнейшее наращивание энерговооруженности выемочных машин нецелесообразно, т.к. из-за больших потерь электроэнергии в кабельных сетях не представляется возможным в полной мере реализовать моментные характеристики электродвигателей привода, что приводит к потере производительности выемочной машины.

Для решения этой проблемы необходимо переходить на питающее выемочные машины напряжение 3300 В.

Второе напряжение повышения производительности выемочных машин предусматривает снижение удельного расхода электроэнергии, затрачиваемого на разрушение горного массива в забое резцами исполнительных органов, т.е. более рациональное использование установленной мощности.

Необходимо отметить, что отсутствует рабочая теория резания калийных руд, что затрудняет научный подход к выбору рациональных режимов и параметров резания.

На данном этапе руководствуются материалами, полученными опытным путем. Повышение производительности возможно также при использовании многодвигательных комбайнов, обеспечивающих равномерную загрузку основных электродвигателей.

Одним из известных технологических решений повышения производительности очистных забоев является увеличение их длины до 300 м.

При использовании указанного технического решения в калийных рудниках необходимо обеспечить надежную работу, прежде всего, забойного конвейера. При этом следует учитывать, что в условиях калийного забоя его загрузка будет в 1,5 раза выше, чем при транспортировании угля.

Во многом производительность комплекса очистного оборудования зависит от соответствия механизированной крепи горнотехническим условиям выемочного участка.

Для снижения затрат на производство готовой продукции рассмотрены следующие направления совершенствования выемочного оборудования.

Селективная выемка позволяет увеличить срок службы транспортного и обогатительного оборудования, сократить затраты на его эксплуатацию и ремонт, уменьшить расход энергоносителей и реагентов. При этом, уменьшается оседание земной поверхности и сокращаются площади для складирования отходов обогащения.

Наибольший эффект от внедрения селективной выемки возможен при выпуске оборудования, но производительности и стоимости близкого к таким же показателям у оборудования для валовой выемки.

Уменьшение затраты на эксплуатацию и ремонт горного оборудования возможно при сокращении до необходимого минимума его различных типов при высокой степени поузловой унификации.

Следует отметить, что, например, в угольной промышленности разрабатываются пласты мощностью от 0,7 до 5,5 м с углами падения от 0 до 90 град, и сопротивляемостью резанию 160 до 400 кН/м. Пласты залегают на разной глубине и имеют характеристики боковых пород, которые изменяются в весьма широком диапазоне.

В этом отношении условия разработки Старобинского месторождения более благоприятны, так как извлекаются пласты(слои) мощностью 1,0 – 1,4 м и 1,6 – 2,6м.

Для этих условий количество различных типов крепей, комбайнов и скребковых конвейеров и может быть сокращено и обеспечена унификация отдельных групп, узлов и систем.

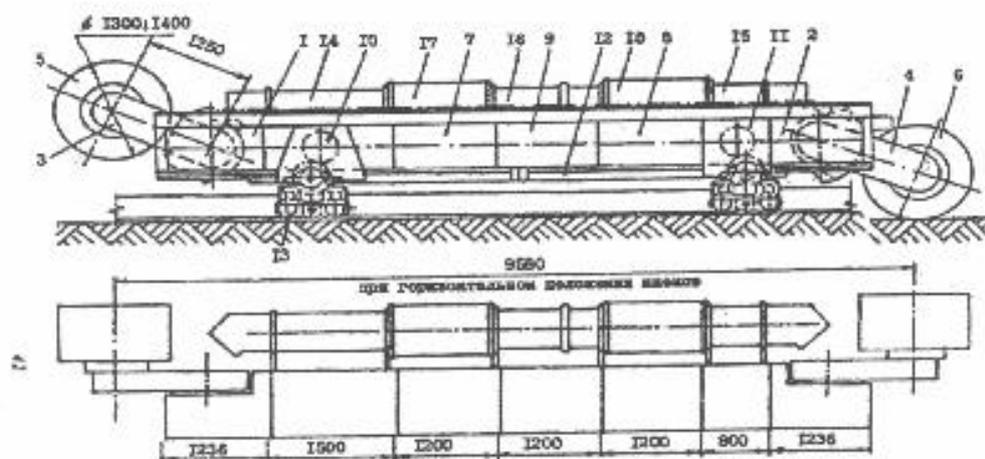
Принципиальный подход к созданию унифицированного ряда очистных комбайнов для диапазона пластов по мощности от 0,7 до 5,5М путем компоновки их из набора минимального количества унифицированных(редуктор, механизм подачи, исполнительные органы, системы управления и т.д.) показан на примере создания фирмой «Айкхофф» унифицированного ряда очистных комбайнов.

## 12.2 Очистные комбайны для длинных забоев

Из многообразия компоновок комбайнов, различных конструкций исполнительных органов, механизмов подачи и других составных частей в настоящее время определилась типовая (наиболее распространенная) конструкция современного очистного комбайна.

Это – очистной комбайн высокой энерговооруженности с режущими шнеками, расположенными по концам корпуса машины, бесцепным механизмом подачи элементами автоматизации управления и технической диагностики.

Комбайн перемещается по изгибающему ставу забойного конвейера. В качестве примера на рисунке 12.1 показан используемый для разработки калийных руд комбайн ЭДВ-300/760-Л фирмы «Айкхофф» (Германия).



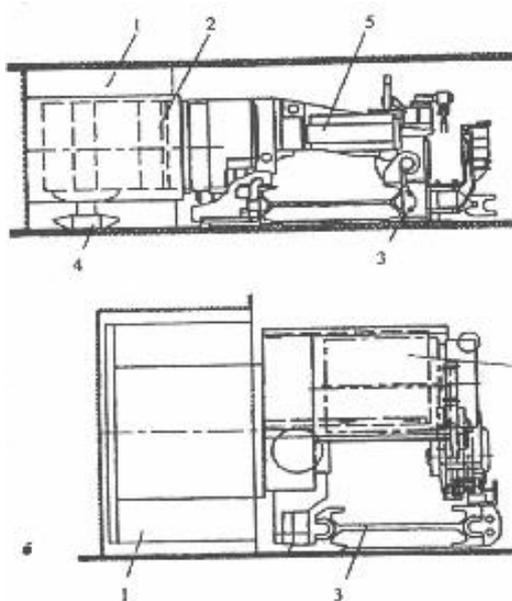
1, 2 – редукторы режущей части левый и правый; 3,4 – рукояти (поворотный редуктор) левая и правая; 5, 6 – шнеки левый и правый; 7, 8 – электродвигатели; 9 – электроблок; 10 – механизм подачи; 11 – дополнительный тяговый блок механизма подачи; 12 – опорная рама; 13 – опора с катками; 14, 15 – пылеотсасывающий канал; 17, 18 – шумопоглощающее устройство

**Рисунок 12.1 – Очистной комбайн ЭДВ-300/760-Л**

У комбайнов, предназначенных для работы на пластах мощностью менее 1,3 – 1,4 м, обычно основной корпус смещен в сторону забоя, располагается между режущими шнеками и дополнительной лыжей опирается на почву пласта. Над конвейером устанавливается портал для размещения на нем со стороны завала опорных лыж и крепления, в большинстве случаев – приводной звездочки

механизма подачи. В портале размещаются органы управления и контроля, а также подводы питающего кабеля и шлангов от установки для охлаждения. Между порталом и ставом конвейера остается необходимый зазор для транспортировки полезного ископаемого.

На рисунке 12.2 показана привязка к забойному конвейеру комбайнов ЭВ-200/230-ЛН и СЛ-300 «Айкхофф».



а – на пластах мощностью до 1,3 – 1,4 комбайн ЭВ-200/230-ЛН; б – на пластах мощностью более 1,4 м комбайн СЛ-300; 1 – шнек; 2 – корпус комбайна; 3 – конвейер; 4 – лыжа опорная; 5 – портал

**Рисунок 12.2 – Расположение корпуса комбайна на конвейере**

Для тонких пластов в ряде случаев применяются одношнековые комбайны. В калийных рудниках лава комплектуется двумя одношнековыми комбайнами.

Большое распространение получили одношнековые комбайны ЭВ-200/230-ЛН в специальном исполнении для калийных забоев.

Длительное время практически все выпускаемые очистные комбайны имели традиционную компоновку: последовательно соединялись в единый корпус комбайна посредством фланцев и крепежных элементов (болты шпильки, штифты) основные группы машин, выполненные в отдельных корпусах (электродвигатели режущие части, механизмы подачи и др.). По такой компоновке выполнен комбайн ЭДВ-300/760-ЛН, а также комбайн ЭДВ-300-Н (рисунок 12.1).

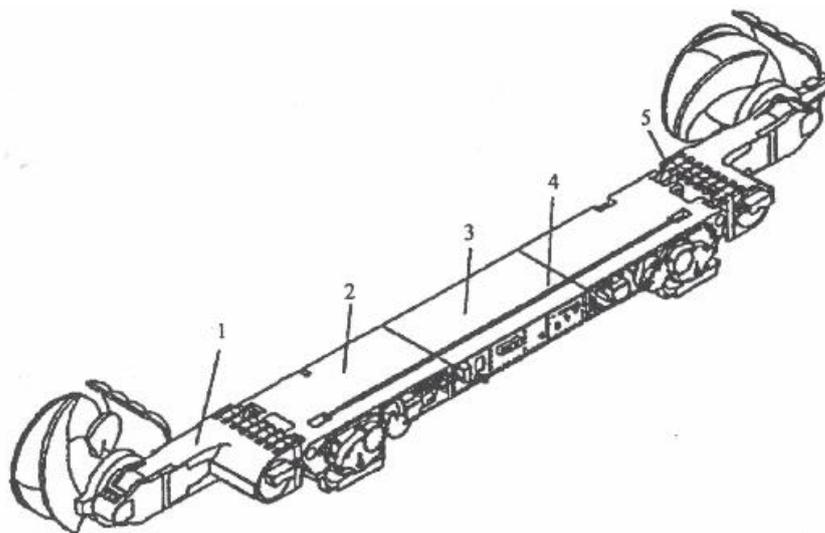
Однако, эта схема компоновки очистных комбайнов имеет недостатки, главным из которых можно считать следующий. При передаче момента и усилия подачи к исполнительному органу в корпусной группе машины возникают большие усилия и вибрация, что приводит к ослаблению стыков между

различными корпусными группами. В процессе эксплуатации комбайна необходимо периодически затягивать крепежные элементы стыков, иногда расположенные в труднодоступных местах.

Чтобы избежать этого нежелательного явления, фирмой «Айкхофф» используется достаточно эффективное техническое решение, заключающееся в соединении всех корпусов по длине машины анкерными стяжками («анкерная система стяжки»). Стяжки устанавливаются с предварительным растяжением, после чего крепежные элементы по концам стяжек надежно фиксируются от проворота. Эти же системы используются для крепления других сильно нагруженных узлов.

В последних моделях очистных комбайнов различных изготовителей используется следующая схема компоновки основных узлов. Электродвигатели режущих частей специального исполнения устанавливаются непосредственно на подвижные рукоятки. При этом ось электродвигателя располагается параллельно оси шнека. Это позволяет выполнить режущую часть компактной и исключить в трансмиссии «электродвигатель-шнек» наиболее сложные узлы – конические передачи.

Примером компоновки комбайна с системой анкерных стяжек и режущей частью с электродвигателем, установленным на рукоятке (узел резания) может служить комбайн «Айкхофф СЛ-300» (рисунок 12.3). Комбайн СЛ-300 является базой селективного комбайна СЛ-500.



1 – узел резания; 2 – электрический механизм подачи; 3 – электроблок; 4 – анкерная стяжка корпуса; 5 – анкерные стяжки крепления узла резания

**Рисунок 12.3 – Комбайн «Айкхофф СЛ-300»**

Другое техническое решение, обеспечивающее жесткость корпусной группы комбайнов, заключается в следующем. По концам основного корпуса располагаются узлы резания, включающие шнеки редуктора и электродвигатели, а остальное оборудование размещается в отдельных отсеках основного корпуса.

При этом нужно принимать во внимание увеличение габаритов основного корпуса.

Основные отличительные особенности комбайнов для выемки калийных руд заключается в следующем.

Из-за отсутствия воды в калийных забоях существенные изменения претерпели системы пылеподавления и охлаждения электродвигателей и тяжело нагруженных узлов.

Исполнительные органы выполняются с учетом процессов разрешения калийных забоев.

Важнейшим направлением в работах по созданию очистных комбайнов является системный подход к проектированию ряда унифицированных комбайнов, наиболее полно охватывающих многообразие горнотехнических условий. При этом обеспечивается максимально возможная унификация отдельных узлов и деталей, что позволяет сократить затраты на изготовление, эксплуатацию и ремонт оборудования.

#### Исполнительные орган

Исполнительный орган очистного комбайна предназначен для выполнения главных производственных операций: разрушения полезного ископаемого и погрузки его на забойный конвейер.

При этом должна быть обеспечена минимальная энергоёмкость процесса разрушения полезного ископаемого.

Исполнительные органы по конструктивному исполнению подразделяются на цепные, дисковые, корончатые, барабанные комбинированные и шнековые.

Шнековые исполнительные органы выполняют одновременно функции разрушения горного массива и погрузку горной массы на конвейер. Они просты по конструкции, надежны в работе, их использование значительно упрощает общую конструкцию машины. В современных комбайнах шнековые исполнительные органы вытеснили все остальные типы исполнительных органов.

В состав исполнительного органа очистного комбайна входят шнеки правого и левого вращения, а также резцы. Шнек, оснащенный резцами, будем называть «режущий шнек».

Исполнительный орган может включать один режущий шнек. Одношнековые комбайны для выемки тонких пластов. Для выемки пласта (слоя) за один проход диаметр режущего шнека соответствует мощности пласта.

Известны различные способы разрушения горных пород, в том числе с использованием последних достижений в лазерной технике. Однако в настоящее время и в обозримом будущем наиболее эффективным способом разрушения горных пород с коэффициентом крепости до  $f = 5 - 6$  по шкале проф.

Протодряконова является механический способ, который осуществляется обычным резанием или ударом, а также их комбинацией.

Под резанием принято понимать воздействие режущего инструмента(резцов) на обрабатываемую поверхность, сопровождающееся отделением(разрушением) пограничных слоев полезного ископаемого или горной породы от массива.

На принципе резания полезных ископаемых и горных пород работают исполнительные органы подавляющего большинства горных машин.

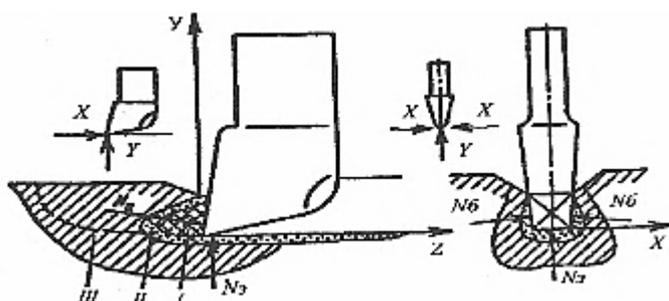
В процессе резания скорость воздействия инструмента на разрушаемый массив, как правило, постоянна или изменяется в небольших пределах.

При работе резца на его рабочие грани передаются силы давления разрушаемого массива породы:  $N_{\text{п}}$  – на переднюю,  $N_{\text{з}}$  – на заднюю,  $N_{\text{б}}$  – на боковые грани. Под воздействием этих сил давления и возникающих на рабочих гранях сил трения формируется результирующая нагрузка на рабочем инструменте, составляющие которой направлены по осям  $x$ ,  $y$  и  $z$  пространственной системы координат, принято называть: силой резания  $Z$ , осевой силой(или силой внедрения резца в направлении подачи)  $Y$ , боковой силой (или силой боковой подачи)  $X$ .

Практический интерес представляет количественный и качественный характер изменения средних значений сил резания  $Z_{\text{ср}}$  и подачи  $Y_{\text{ср}}$ , которые в значительной мере определяют выбор мощности привода и усилий подачи выемочных горных машин.

Процесс разрушения полезных ископаемых можно представить следующим образом.

Под воздействием передней грани резца происходит дробление горной породы сопровождающееся отрывом крупных элементов. Экспериментально было доказано, что перед резцом в процессе работы образуется уплотненное ядро I (рисунок 12.4), состоящее из мелкодробленой породы находящейся в условиях объёмного сжатия.



**Рисунок 12.4 – Силы, действующие на резец и зоны разрушений**

Силы, действующие на резец, и удельные энергозатраты на процесс разрушения зависят от числа взаимного расположения поверхностей обнажения

разрушаемого массива. При работе резцы образуют в горной породе бороздки, размеры и взаимное расположение которых определяются глубиной резания  $h$ , шириной бороздки у основания, равной ширине резца  $b$ , средней величине развала бороздки  $B$  и шагом резания  $t$  – расстоянием между центрами или одноименными точками соседних бороздок.

В зависимости от размеров  $h$  и  $t$  и их соотношения, а также от расположения поверхностей обнажения разрушаемого массива работа резцов может протекать в различных условиях.

Наиболее трудным является угловое и щелевое резание. Угловое резание, как и заблокированное, производится при одной поверхности обнажения разрушаемого массива, но только у стенки, которая определяет односторонний развал бороздки реза.

Резание в щели характеризуется отсутствием развала бороздки. Параметрами щелевого резания являются: глубина  $h$ , ширина  $b$  и удаление резца от обнаженной поверхности  $h_y$ .

При одинаковых величинах  $h$  и  $b$  сила резания имеет минимальную величину при полусвободных резах и достигает максимального значения при работе в щели.

В области механического разрушения углей выполнен большой комплекс исследований, позволяющий разработать экспериментально-статическую теорию резания угля, являющуюся в настоящее время основой инженерных расчётов параметров режущих инструментов, исполнительных органов и режимов работы угледобывающих машин. На основе выполненных исследований по резанию угля разработана и внедрена в конструкторскую практику система отраслевых стандартов и руководящих материалов по определению рациональных параметров исполнительных органов комбайнов и стругов, расчёту их нагруженности и устойчивости, выбору параметров привода.

### Конструкция шнеков

Шнек служит для транспортирования непосредственно из забоя и последующей погрузки на конвейер разрушаемой горной породы, а также размещения на его лопастях резцов под заданной схеме резания.

Конструкция шнеков для калийных забоев существенно упрощается из-за отсутствия на них элементов системы орошения.

Одним из важнейших показателей эффективности работы шнека является его погрузочная способность. Здесь необходимо различать его погрузочную способность доставки непосредственно из забоя разрушаемой горной массы и последующую её погрузку на забойный конвейер.

Для шнеков, работающих в калийных забоях рационально выбранными параметрами и режимами резания, проверка их на способность транспортировать горную массу из забоя, как правило, не требуется.

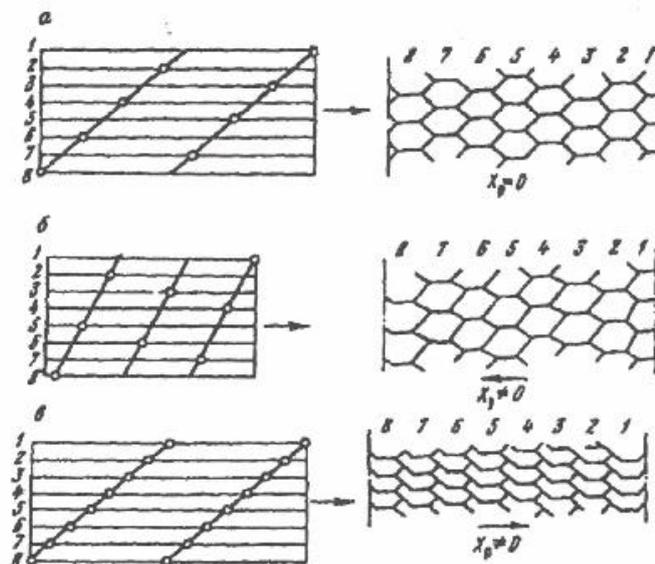
Однако следует обращать внимание на возможность погрузки горной массы на забойный конвейер (обычно с высотой борта 200 – 220 мм). Удовлетворительная погрузка обеспечивается шнеками, диаметр которых не более 1 м.

Спирали шнека представляют собой отрезки винтовых поверхностей и, соответственно, делятся на правые или левые.

С целью уравнивания реактивных моментов, действующих со стороны забоя, на двухшнековых комбайнах шнеки, как правило, вращаются в разные стороны. Чтобы при этом обеспечить одинаковое направление потока разрушаемой горной массы, комбайны комплектуются шнеками левым и правым.

Число заходов обычно составляет два при диаметре шнека до 1000 мм и три – на шнек больших диаметров.

Эффективность работы исполнительного органа во многом зависит от схемы расстановки резцов на шнеках. На рисунке 12.5 приведены типовые схемы расстановки резцов на двухзаходных и трехзаходном шнеке.



а – шахматная на двухзаходном шнеке; б – комбинированная на трехзаходном шнеке; в – последовательная на двухзаходном шнеке

**Рисунок 12.5 – Схемы расстановки резцов и резания**

Как показано на рисунке 12.5, а срез, образованный за один оборот режущего шнека, расположены в шахматном порядке, т.е. из двух соседних срезов один обязательно является опережающим. Опережение равно половине толщины среза. В этом случае обеспечивается полное уравнивание боковой силы резания  $X_p$ .

При последовательной схеме резания (рисунок 12.5, б) имеет место при шахматной последовательности резцов, но величина опережения не равна половине толщины среза.

При выборе схемы расстановки резцов на шнеке необходимо иметь в виду, что число резцов в линии резания зависит от числа заходов (лопастей) шнека, так как резца устанавливаются на лопастях.

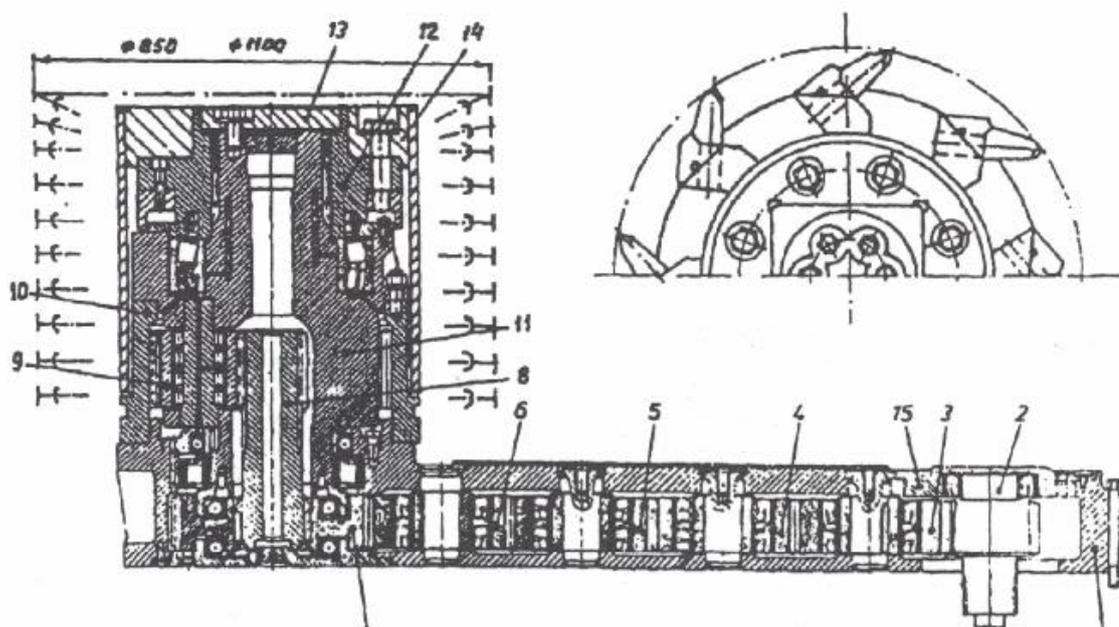
Из-за неравномерного расположения резцов средние нагрузки меняются в пределах оборота режущего шнека даже при постоянном сопротивлении резанию и постоянной скорости перемещения машины. Для различных положений режущего шнека изменяются окружные силы (момент сопротивления), равнодействующие сил в вертикальной плоскости и направлении подачи.

Учитывая, что в общем случае сила резания пропорциональна толщине среза ( $h$ ), можно определённым допущением рекомендовать расстановку резцов на шнеке, которая обеспечивает постоянство суммарной толщины среза от резцов, находящихся в каждом положении шнека в контакте с забоем.

При этом для выравнивания суммарной толщины среза необходимо выбирать наиболее рациональную расстановку кутковых резцов.

Также следует обращать внимание на вписываемость резцедержателя в развал борозд образованной резцом, в том числе и в зоне кутковых резцов.

Крепление шнека к выходному валу планетарного редуктора, расположенному на подвижной рукояти, показано на рисунке 12.6.



1 – корпус; 2 – 7 – цилиндрические зубчатые колеса; 8 – торсионный вал с центральным зубчатым колесом; 9 – сателлиты; 10 – внутренний венец; 11 – выходной вал; 12 – фланец; 13 – крышка; 14 – шнек

**Рисунок 12.6 – Рукоять шнека (поворотный редуктор)**

## Режущий инструмент

Режущий инструмент отличается многообразием, обусловленным как различием машин (комбайны очистные и проходческие, врубовые машины) и исполнительных органов (цепные, буровые, шнековые), для которых они предназначены, так и разным конструктивным исполнением. Поскольку резцы являются изделиями массового производства, для них обеспечивается унификация и взаимозаменяемость. Стандартизируются размеры хвостовиков и гнезда под них.

В качестве главного параметра резца принят конструктивный вылет  $l$  – расстояние от опорной поверхности или места заделки резца в резцедержатель до перпендикуляра к продольной оси резца, проведенного через вершину режущей кромки. Радиальный вылет резца –  $l_p$ .

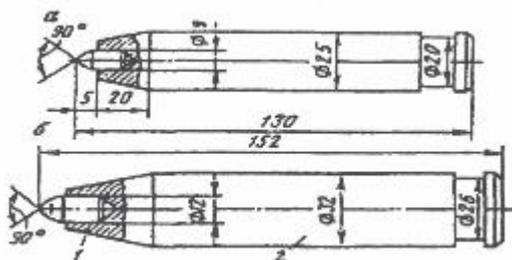
К основным параметрам резцов также относятся:  $b$  – угол заострения,  $A_k$  – задний конструктивный угол,  $B_k$  – ширина режущей части  $b \times h$  – размеры державки.

Углы заострения рекомендованы в пределах  $63 - 80^\circ$  для радиальных резцов и  $50 - 69^\circ$  для тангенциальных, а задний конструктивный угол  $\alpha_k$  – пределах  $5 - 16^\circ$ . Ширина режущей части ( $b$ ) колеблется в широких пределах от 8 до 25 мм. Остальные параметры резцов не регламентированы.

По расположению на исполнительном органе резцы делятся на радиальные и тангенциальные. На высокопроизводительных машинах обычно применяются тангенциальные резцы. Направление усилия резания на таком резце близко к направлению оси резца, что снижает величину изгибающего момента от сил резания и подачи и улучшает условия работы твердосплавной армировки.

В очистных комбайнах в калийных забоях в настоящее время применяются тангенциальные резцы.

По принципу действия резцы делятся на неповоротные и поворотные. Поворотные резцы могут вращаться в резце держателе относительно продольной оси державки. Режущая часть такого резца, представляющая собой тело вращения (конус, цилиндр или их сочетание), при работе равномерно притупляется, и традиционная площадка затупления не образуется. Целые поворотные резцы показаны на рисунке 12.7.



1 – kern; 2 – державка

Рисунок 12.7 – Поворотные резцы РКС1 (а) и РКС2 (б)

Наибольшее распространение на калийных рудниках получили резцы РКС1. Наряду с указанными преимуществами резец прост в изготовлении, выпускается Солигорским литейно-механическим заводом «Универсал» большими партиями.

По конструктивному исполнению резцы могут быть цельными и составными. Составные резцы, которые нашли применение в калийных забоях, имеют разные исполнения.

После устранения выявленных недостатков самих резцов, гильзы и резцедержателя, работы в этом направлении продолжаются совместно с фирмой «Мосвирт», которая поставила для испытаний партию зубков под шифром MW-716.

### Привод исполнительного органа

Привод исполнительного органа состоит из силовых трансмиссий и электродвигателей.

Конструкция силовой трансмиссии к режущему шнеку зависит от общей компоновки комбайна и имеет два принципиально разных исполнения.

При этом для обоих исполнений характерно расположение наиболее нагруженной части трансмиссии в виде двухступенчатого планетарного редуктора в полой ступице режущего шнека.

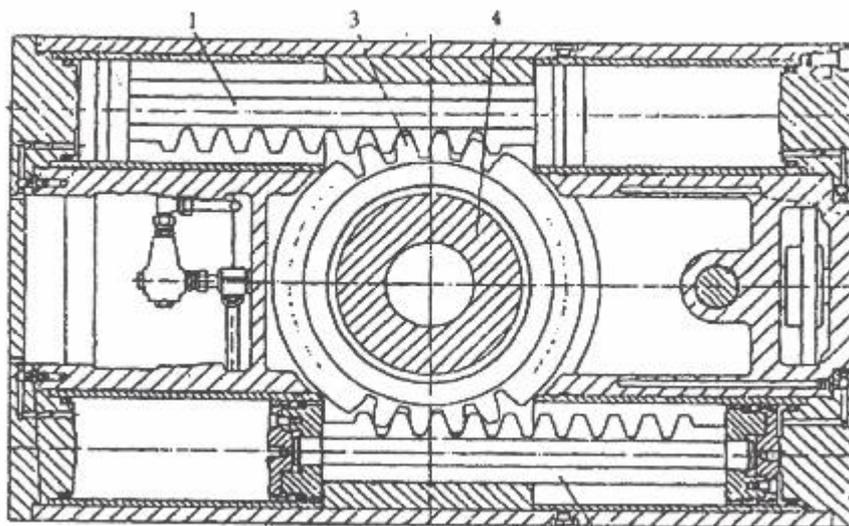
Далее рассмотрим конструкцию типовых узлов силовой трансмиссии на примере компоновки комбайнов ЭДВ-600-Л И ЭВ-200/230-ЛН. Вращение к центральному колесу планетарного редуктора передается системой зубчатых передач, расположенных непосредственно в корпусе рукояти.

Корпус редуктора разделен на две отдельные камеры: для силовой трансмиссии (коническая передача) и гидравлического оборудования. В камере силовой трансмиссии расположен шестеренчатый насос, предназначенный для смазки поворотного редуктора с планетарной передачей. Последняя пара шестерен перед планетарной передачей выполнена в виде насоса, который при опущенной рукояти возвращает нагретое масло в камеру редуктора.

В камере для гидрооборудования расположен аксиально-поршневой насос, обеспечивающий подъем и опускание рукояти при помощи гидравлического редуктора для поворота стакана с рукоятью (рисунок 12.8). Редуктор состоит из двух поршней с зубчатой рейкой с противоположным направлением движения, которые входят в зацепление с зубчатым колесом, укрепленным на поворотном стакане. Через полую часть стакана проходит вал редуктора.

Типовое решение передачи крутящего момента от электродвигателя к поворотному редуктору (рукояти), крепления рукояти на подшипниковых опорах и поворота рукояти при помощи гидравлического редуктора режущей

части широко применяется во многих модификациях комбайнов фирмы «Айкхофф».

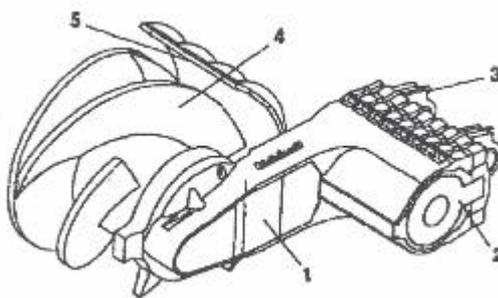


1, 2 – гидравлические домкраты с рейкой; 3 – зубчатое колесо поворотного стакана; 4 – выходной вал

**Рисунок 12.8 – Гидравлический редуктор поворотного стакана**

Другое исполнение трансмиссии для комбайнов с электродвигателями, расположенными на рукояти рассмотрим на примере комбайна «Айкхофф СЛ-500».

При такой компоновке вся силовая трансмиссия от электродвигателя к режущему шнеку располагается в узле резания (рисунок 12.9).



1 – рукоять; 2 – электродвигатель; 3 – анкерное крепление; 4 – шнек; 5 – погрузочный щиток

**Рисунок 12.9 – Узел резания**

В качестве двигателя привода исполнительного органа в современных комбайнах применяются асинхронные короткозамкнутые электродвигатели с водяным охлаждением, которые позволяют в стесненных габаритах получить высокие основные параметры – мощность и момент, а также характеризуются простотой конструкции, надежностью в эксплуатации, большим пусковым моментом, хорошей перегрузочной способностью и высоким к.п.д.

В настоящее время на калийных рудниках питающее напряжение не превышает 1000 В, что ограничивает эффективное использование очистных комбайнов с высокой установленной мощностью.

Во многих угледобывающих странах в последнее время применяются очистные комбайны с питающим напряжением 3 – 6 кВ.

Остановимся на проблеме перехода на более высокое напряжение в калийных забоях более подробно.

Установлено, что одним из эффективных способов снижения потерь электроэнергии и повышения технической производительности горных машин (главным образом, выемочных) является перевод последних на высокое (более 1140 В) напряжение.

В 1968 г. органами горного надзора США допущено питание горных машин напряжением 4160 В. В том же году в США введен в эксплуатацию комбайн, мощность которого составила 900 кВт, а питающее напряжение 4160 В.

Использование высокого напряжения для питания выемочных машин быстро распространялось в горнодобывающих странах. Так, например, в 1995 г. ведущими фирмами горного машиностроения «Айкхофф» и «Андерсон» (Великобритания) из всех выпущенных комбайнов 75 % составили комбайны с питающим напряжением более 1100 В, главным образом – 3,3 кВ.

Последующие годы подтвердили устойчивую мировую тенденцию развития горного комбайностроения с применением во все больших объемах электрооборудований высокого напряжения, преимущественно 3,3 кВ.

Проблема качественного электроснабжения калийных рудников приобрела актуальный характер в связи с внедрением комбайнов с высокой установленной мощностью (порядка 1000 кВт). Из-за потерь напряжения в кабельных сетях моментные характеристики электродвигателей в большинстве случаев не используются в полной-мере и тем самым ухудшаются технологические показатели комбайнов.

Перевод забойного оборудования калийных рудников на высокое напряжение позволит:

- снизить потери электроэнергии в сетях;
- увеличить пропускную способность сетей и их предельную длину;
- уменьшить сечение кабельных линий и расход цветного металла;
- улучшить качество напряжения, прежде всего за счет уменьшения отклонения напряжения на клеммах токоприемников от номинального значения;
- улучшить моментные характеристики приводов выемочных машин, что позволит повысить их производительность;
- увеличить надежность электродвигателей и других электрических изделий за счет снижения на них токовой нагрузки.

В условиях калийных рудников наиболее оптимальным уровнем напряжения питающей сети для выемочного оборудования является напряжение в диапазоне от 3,0 до 3,5 кВ. Предпочтительным можно считать напряжение 3,3 кВ.

### Механизмы подачи

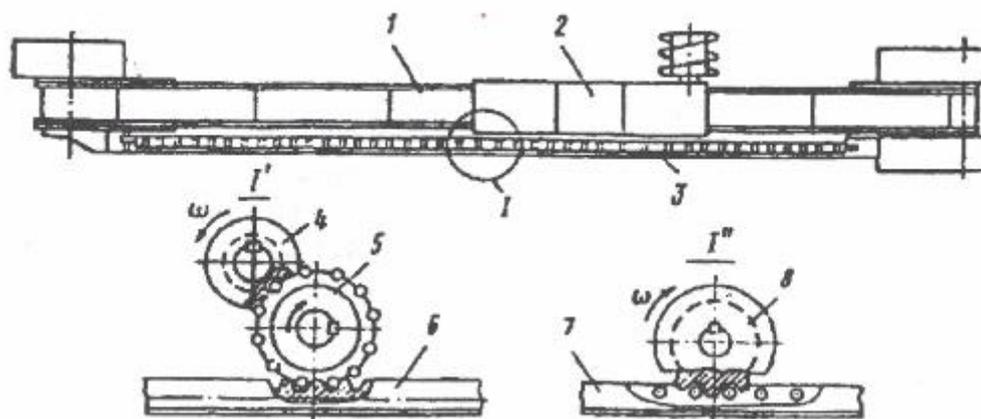
Механизмы подачи предназначены для перемещения очистных комбайнов по лаве и обеспечения усилия подачи их исполнительных органов на забой.

Механизмы подачи прошли в своем развитии путь от канатных, цепных до бесцепных различного исполнения.

Современные очистные комбайны выпускаются с бесцепными механизмами подачи.

Механизм подачи вместе с жесткой направляющей рейкой (балкой), укрепленной на навесном оборудовании забойного конвейера, представляют собой бесцепную систему подачи (БСП). Конструкция направляющей рейки и ее расположение изложены также при рассмотрении забойных конвейеров.

Принципиальная система перемещения с цевочной рейкой, расположенной на забойном конвейере со стороны завала, показана на рисунке 12.10.



1 – забойный конвейер; 2 – очистной комбайн; 3 – зубчатая (цевочная рейка); 4 – звездочка; 5 – цевочное колесо; 6 – зубчатая рейка (вариант исполнения); 7 – цевочная рейка (вариант исполнения); 8 – звездочка; I' – трехэлементный движитель; I'' – двухэлементный движитель

**Рисунок 12.10 – Бесцепная система подачи (БСП)**

Жесткая направляющая 3, выполненная в виде зубчатой 6 или цевочной рейки 7. Комбайн 2 перемещается по раме 1 забойного конвейера при помощи встроенного движителя 1. По числу элементов движители могут быть двухэлементными – звездочка 8, цевочная рейка 7 (поз. I'' рисунок 12.10) и

трехэлементными – звездочка 4, цевочное колесо 5, зубчатая рейка 6 (поз. I' рисунок 12.10).

На комбайне может быть установлен один или два движетеля (тяговых блоков).

Все механизмы подачи имеют вариатор скорости, представляющий собой кинематическое звено, передаточное отношение которого плавно регулируется вручную или автоматический для изменения скорости и направления перемещения очистного комбайна.

В настоящее время получили распространение следующие механизмы подачи: гидравлические, с электродвигателями постоянного тока и с частотным регулированием асинхронных электродвигателей.

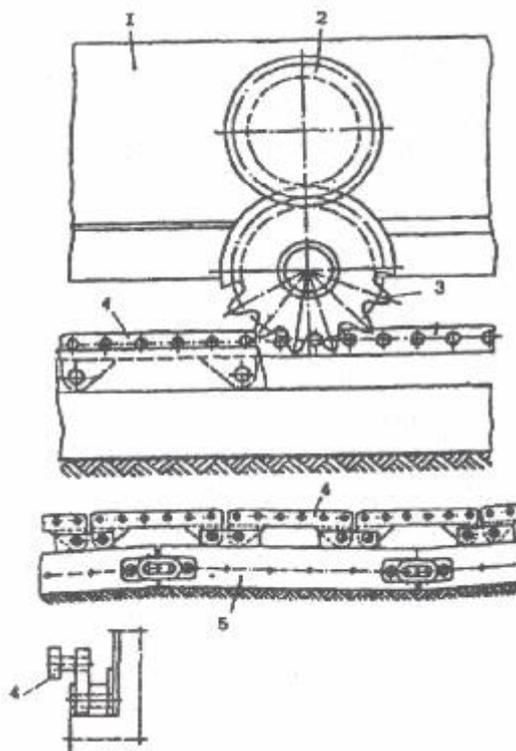
Принципиальную схему устройства гидравлического механизма подачи рассмотрим на примере комбайна ЭДВ-600-Л.

Силовая гидropередача состоит из регулируемого аксиально-плунжерного насоса и аксиально-плунжерного гидродвигателя. При разогревании рабочей жидкости в замкнутом рабочем контуре часть ее сбрасывается через подпиточный и распределительный клапаны на стороне низкого давления и заменяется охлажденной жидкостью, подаваемой подпиточным насосом. В случае существенного понижения подпиточного давления или превышения допустимого давления в рабочем контуре аксиально-плунжерный насос возвращается в нулевое положение. В силовом контуре имеется также предохранительный клапан.

Автоматическое регулирование параметров механизма подачи осуществляется системой «Эйкоматик», которая обеспечивает оптимальное использование мощности наиболее нагруженного электродвигателя комбайна. Принцип автоматического регулирования основан на поддержании в цепи электродвигателя комбайна номинального тока, соответствующего его номинальной мощности.

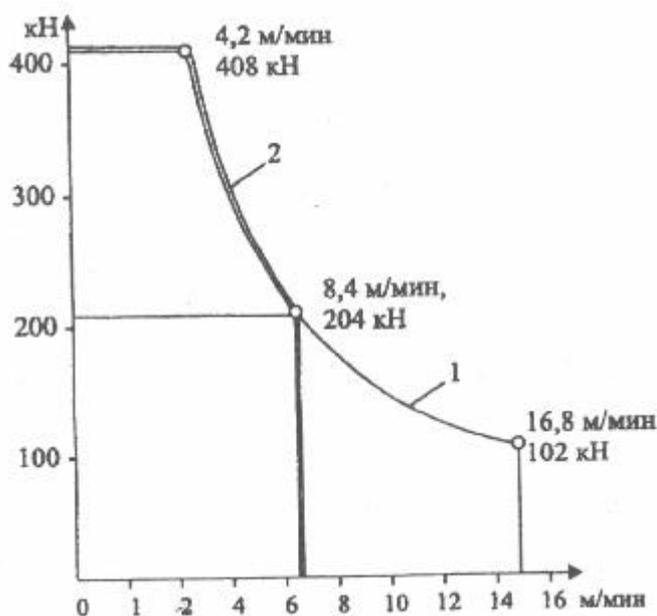
В комбайн ЭДВ-600Л оснащен бесцепной системой подачи типа «Айкотрак» с дополнительным силовым блоком (движателем) с ведущей звездочкой, который имеет такой же редуктор и гидродвигатель, как в основном механизме подачи. Оба гидродвигателя соединены параллельно. При подключении трехходовым краном дополнительного гидродвигателя тяговое усилие удваивается и соответственно уменьшается скорость движения комбайна. Ведущие звездочки механизма подачи и дополнительного силового блока входят в зацепление с укрепленными на раме комбайна цевочными колесами, которые в свою очередь входят в зацепление с цевочными ставом. В местах расположения цевочных колес установлены завальные опоры комбайна, имеющие обратные захваты (рисунок 12.11).

Зависимость скорости подачи от тягового усилия показана на рисунке 12.12.



1 – корпус механизма подачи (дополнительного силового блока); 2 – ведущая звездочка; 3 – цевочное колесо; 4 – рама конвейера; 5 – секция реечного става

**Рисунок 12.11 – Цевочная передача механизма подачи**



1 – при работе одним гидродвигателем; 2 – при работе двух гидродвигателей, включенных параллельно

**Рисунок 12.12 – Зависимость скорости подачи от тягового усилия**

Достаточно широкое распространение получили механизмы подачи с электродвигателями постоянного тока и управляемыми тиристорами.

Механизм подачи в этом случае состоит из последовательно соединенных между собой электродвигателя постоянного тока, муфты предельного момента и редуктора с ведущей звездочкой на выходном валу. Блок питания электродвигателя постоянного тока (вариатор скорости), выполненный на мощных управляемых тиристорах, установлен на комбайне или на штреке и связан с электродвигателем постоянного тока дополнительным гибким кабелем, проложенных в кабелеукладчике. Для защиты механизма подачи от быстро нарастающих нагрузок установлена муфта предельного момента.

Тиристорный привод с электродвигателями постоянного тока получил распространение в комбайнах фирм «Джой» (США), «Айкхофф» и «Андерсон Стрэтклайд» (Великобритания).

В последнее время все большее распространение получают механизмы подачи с асинхронными двигателями, скорость вращения которых регулируется за счет изменения частоты питающего напряжения.

Комбайны фирмы «Айкхофф» могут комплектоваться электрическим механизмом подачи типа «Айкотроник». При этом обеспечивается плавное изменение скорости подачи до 13,3 м/мин. Максимальное тяговое усилие – 519 кН.

Аналогичные механизмы подачи выпускает фирма «Андерсон».

### Системы управления и автоматизации

Современные комбайны оснащены системами управления и автоматизации, обеспечивающими управление комбайном при выполнении предусмотренных технологических операций очистного цикла, выбор рациональных режимов работы, защиту от аварийных режимов в диагностике основных узлов и элементов систем.

Существуют многочисленные исполнения систем управления и автоматизации, в том числе обеспечивающие управление комбайном в автоматическом режиме при выполнении операций по выемке полезного ископаемого. В силу специфических условий работы в забоях указанные системы не получили широкого распространения и применяются в ограниченных количествах.

Например, в калийных забоях при прохождении участков с горно-геологическими нарушениями (мульдами) по требованию правил безопасности комбайны должны управляться дистанционно с безопасного для машиниста места.

Рассмотрим систему управления и контроля, которой могут по желанию заказчика комплектоваться комбайны фирмы «Айкхофф» и которая предусматривает выдачу дополнительной информации о некоторых параметрах состояния забоев и другого оборудования.

На последних моделях комбайнов фирмой «Айкхофф» могут устанавливаться современные процессорные системы управления и контроля «МИКОС 68» (рисунок 12.13). Система (наряду с обеспечением оптимального использования мощности электродвигателей приводов исполнительных органов путем изменения скорости подачи комбайна) обеспечивает контроль параметров и диагностику основных узлов, что позволяет управлять комбайном в автоматическом или ручном режиме. На дисплее, расположенном непосредственно в зоне обслуживания, в форме световой индикации, графиков и текстовых материалов отображаются команды управления, режимы работы основных систем, рабочие и контролируемые параметры, рекомендации по устранению неисправностей и техобслуживанию. Все данные могут передаваться групповой и центральной станциям управления.

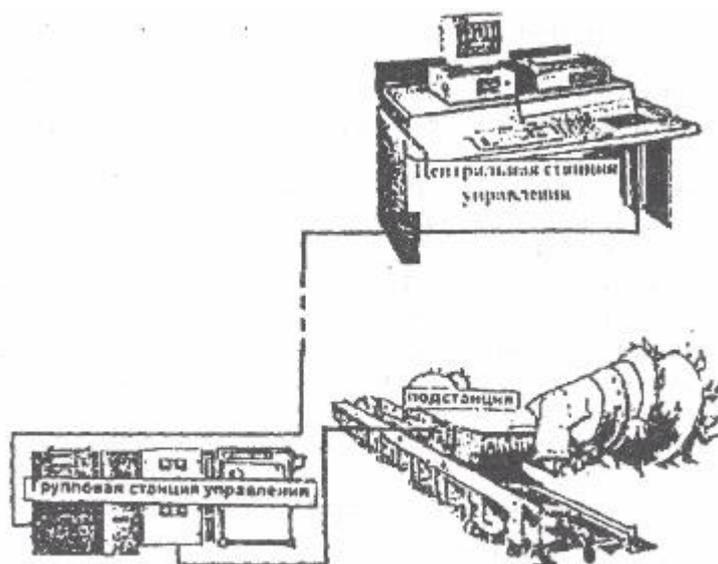


Рисунок 12.13 – Система управления и контроля «МИКОС 68»

Вычислительная машина «МИКОС 68 ДС» обеспечивает управление двигателями постоянного тока системы подачи. При этом нагрузка распределяется между двумя двигателями равномерно.

Разработана и поставляется система управления процессами, которая включает расположенную на исполнительной машине подстанцию, установленные на штреке групповую и на поверхности центральную станции управления. Линиями передач служат различные коммуникации, в том числе телефонные и силовые кабели.

Система управления информирует о режимах работы: исполнительных органов, транспортных устройств, механизированных крепей, проходческих комбайнов.

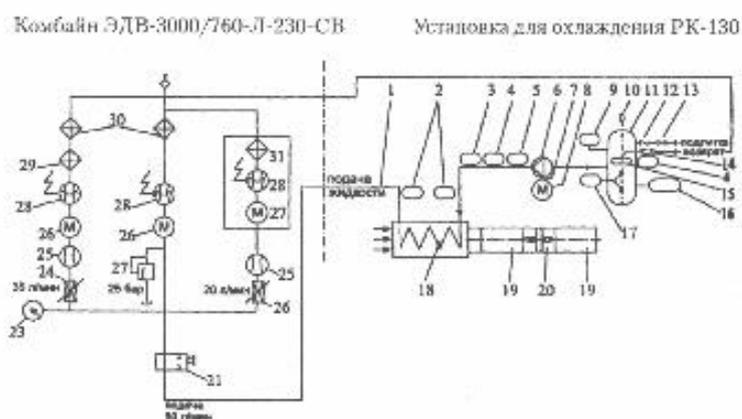
Система позволяет производить постоянный контроль за прохождением забоев и вентиляцией горных выработок.

С помощью системы возможно дистанционное управление и контроль за выемочными агрегатами.

### Системы пылеподавления и охлаждения электродвигателей и тяжело нагруженных узлов

Из-за отсутствия воды в калийных забоях разработаны специальные системы пылеподавления и охлаждения, которые существенно отличаются от широко используемых – например, в угольных шахтах.

*Система пылеотсоса* в калийных забоях оказалась наиболее эффективной. Суть системы заключается в том, что из зоны наибольшего пылеподавления у режущих шнеков тонкодисперсная пыль отсасывается вентилятором и, минуя место расположения машиниста, направляется в призабойное пространство. Система пылеотсоса располагается между двумя шнеками со стороны забоя (рисунок 12.14). Состоит система из вентилятора с электродвигателем, двух шумопоглощающих устройств и пылеотсасывающего канала, раструбы которого располагаются у режущих шнеков.



1 – трубопровод; 2 – термометр; 3 – расходомер индексаций; 4 – манометр; 5 – расходомер; 6 – насос; 7 – соединительная муфта; 8 – электродвигатель; 9 и 10 – предохранительные воздухопускные клапаны; 11 – доливочная емкость; 12, 13 – обратный и запорный клапаны; 14 – фильтр; 15 – поплавковый клапан; 16 – гидроаккумулятор; 17 – смотровой глазок; 18 – теплообменник; 19 – шумопоглотитель; 20 – вентилятор с электродвигателем; 21 – золотник; 22 – предохранительный клапан; 23 – манометр; 24 – дроссель; 25 – расходомеры потоков; 26, 27 – электродвигатели комбайна и силового блока для выемки породного прослоя; 28 – реле контроля потока; 29 – 31 – маслоохладители

**Рисунок 12.14 – Принципиальная схема системы охлаждения комбайна и установки для охлаждения**

Система пылеотсоса существенно уменьшает запыленность в зоне работы машиниста и с некоторыми изменениями используется на различных типах комбайнов.

*Система охлаждения* состоит из расположенной на штреке установки для охлаждения приводов комбайна (холодильная установка), двух гибких трубопроводов, размещающихся в кабелеукладчике, и теплообменников, встроенных в корпуса электродвигателей и масляных ванн гидросистемы. В замкнутой системе циркулирует охлаждающая жидкость (хладагент).

Установка для охлаждения приводов комбайнов РК-130 разработана фирмой «Айкхофф» специально для калийных рудников.

Установка состоит из насосного агрегата (МОВІ32/10), теплообменного блока с вентилятором (ЕС150) и шумопоглотителя (СДСК6). Все изделия фирмы «Корфманн» (Германия).

Теплообменный блок выполнен в виде секций из медных трубчатых пластин и помещен в прочный корпус из листовой стали. Трубчатые пластины состоят из змеевидно изогнутых трех медных трубок.

Всасываемый вентилятором воздух проходит через теплообменный блок. Охлаждаемая жидкость движется навстречу потоку воздуха.

Установка для охлаждения вводится в действие автоматически при включении комбайна. После выключения комбайна установка для охлаждения работает еще примерно 10 мин.

Работа установки поясняется принципиальной схемой, приведенной на рисунке 12.14.

### Современные очистные комбайны, эксплуатируемые на калийных рудниках

#### Технические характеристики, особенности конструкции

Наиболее распространенные очистные комбайны, эксплуатируемые в последние годы на калийных рудниках, рассмотрены в настоящей главе.

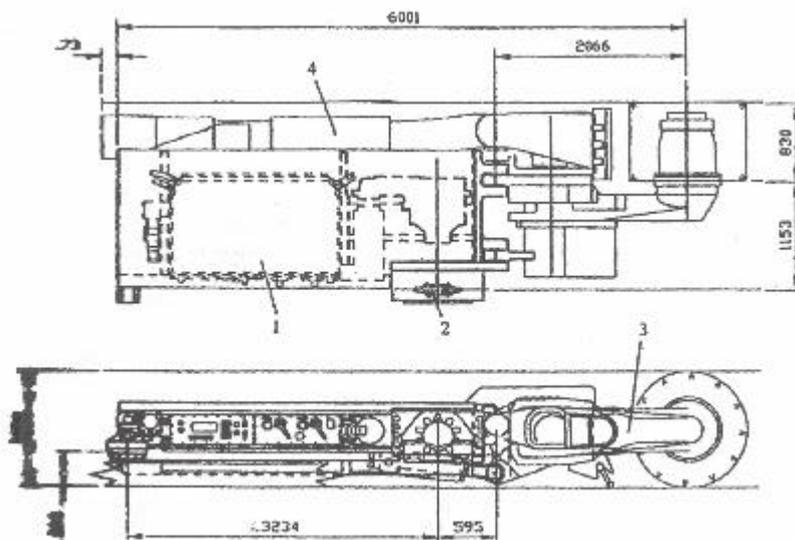
Ниже приводится назначение и особенности конструкций некоторых комбайнов.

*Очистной комбайн «Электра-340-Сол»* (рисунок 12.15) предназначен для слоевой выемки калийной руды длинными столбами с центральным вентиляционным штреком и управлением кровли полным обрушением.

Комбайн представляет собой одношнековую машину с несущей рамой пенального типа, образующей структурный каркас, внутри которой располагаются модуль подачи и коробка управления электрооборудованием. На одном конце несущей рамы шарнирно подвешен режущий орган, состоящий из электродвигателя, трансмиссии, силового корпуса и режущего шнека. Подъем (опускание) режущего органа осуществляется гидродомкратом.

Комбайн изготавливается в правом или левом исполнениях, в зависимости от положения режущего органа относительно несущей рамы.

Комбайн оснащен бесцепной системой подачи типа «Айкотрак» с регулируемым посредством микроконтроллера электрическим двигателем, обеспечивающим переменную скорость движения, а также расположенным с забойной стороны пылеотсосом, состоящим из всасывающих коробов, осевого вентилятора и глушителя.



1 – несущая рама; 2 – звездочка механизма подачи; 3 – узел резания; 4 – пылеотсос

**Рисунок 12.15 – Очистной комбайн «Электра-340-Сол»**

Электроузел выполнен в виде корпуса, содержащего кабельный ввод, трансформаторное отделение, отделение с разъединителем, осуществляющим блокировку включения цепей силового питания и управляющее отделение с кнопками и графическим дисплеем.

Гидравлическая система включает насос, гидроцилиндр подъема (опускания) режущего органа и гидрораспределитель.

Пылесос содержит встроенный электродвигатель (вентилятор), всасывающие короба и глушитель шума.

Комбайны оснащены системой предупредительной сигнализации, при этом сигнал одного из комбайнов осуществляется непрерывным тоном, второго – прерывистым, а также фарой для освещения.

Управление комбайном осуществляется непосредственно с комбайна или дистанционно (до 15 м) при помощи радиопередатчика.

*Очистной комбайн «Айкхофф СЛ-300»* предназначен для валовой выемки калийных руд длинными столбами и управления кровлей полным обрушением.

Комбайн выполнен в виде отдельных блоков, стянутых в продольном направлении анкерными стяжками и установленных на несущую раму, содержащую опорные катки, лыжи и захваты.

На раме установлены два работающих на постоянном токе электрических привода бесцепной системы подачи, два гидравлических агрегата, обеспечивающих подъем-опускание режущих шнеков и поворот щитков, электроузел, содержащий устройство управления, высоковольтный и низковольтный коммутационный аппараты, пылеотсасывающую систему, состоящую из осевого вентилятора и глушителей звука.

На концах комбайна расположены исполнительные органы, выполненные в виде резовых шнеков диаметром 1400 мм. Приводы шнеков размещены в рукоятях, подъем и опускание которых осуществляется гидравлически.

Комбайн снабжен двумя осветительными фарами, системой предупредительной сигнализации, центральным и вынесенным по краям машины пультами управления, радиоуправлением. Имеется возможность управлять комбайном по кабелю при прохождении выбросоопасных участков лавы. Комбайн оснащен также микропроцессорной системой управления и дисплеем для визуального отображения информации.

*Очистной комбайн КГС-800С/2БП* предназначен для валовой выемки калийных руд длинными столбами и управлением кровлей полным обрушением.

Комбайн выполнен в виде сборной металлоконструкции, имеющей несущую раму с опорными катками, на которой смонтированы два гидравлических приводных механизма бесцепной системы подачи, блок электроаппаратуры, гидравлический блок питания. На торце корпуса механизма подачи комбайна установлены посредством шарнира исполнительные органы в виде рукоятей, содержащих электродвигатель, механическую трансмиссию, шнек, оснащенный резцами, погрузочный щиток.

Комбайн имеет пылеотсасывающую установку, состоящую из осевого вентилятора с глушителями, всасывающего и нагнетательного коробов, систему автоматизированного управления и диагностики типа МАКС-і, звуковую предупредительную сигнализацию и осветительные рефлекторы (фары).

Управление комбайном и забойным конвейером осуществляется с центрального пульта комбайна (блок электроаппаратуры ВАЕ-9S), с правого и левого пультов управления и дистанционно по радио на расстоянии до 15 м.

*Очистной комбайн «Электра 700-Сол»* предназначен для валовой выемки калийных руд длинными столбами и управлением кровлей полным обрушением.

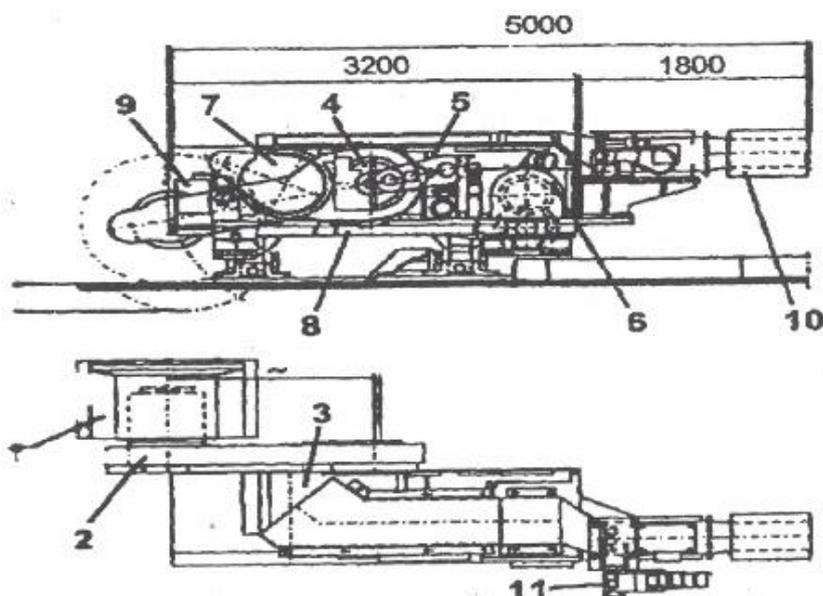
Комбайн представляет собой двухшнековую машину с несущей рамой пенального типа, образующей структурный каркас, внутри которого располагаются модули подачи и коробка управления электрооборудованием. На концах несущей рамы шарнирно подвешены режущие органы, состоящие из электродвигателя, трансмиссии, силового корпуса и режущего шнека. Подъем (опускание) режущих органов осуществляется гидродомкратами.

Комбайн имеет бесцепную систему подачи типа «Айкотрак», выполненную в виде двух приводных блоков с регулируемыми, посредством микроконтроллера электрическими двигателями, обеспечивающими переменную скорость движения. Комбайн оснащен расположенным с забойной стороны пылеотсосом, состоящим из всасывающих коробов, осевого вентилятора и глушителей.

Комбайн имеет местное и дистанционное по радио и кабелю управление, снабжен микропроцессорным программируемым контроллером, предназначенным для определения неисправностей с отражением их на дисплее посредством светоизлучающих диодов.

Комбайн *СЛ-500С* предназначен для селективной выемки длинными столбами с управлением кровли обрушением и частичной закладки выработанного пространства.

Комбайн работает совместно с одношнековым комбайном ЭСА-150-Л или комбайном аналогичной конструкции КГУ-310-Сол (Фамур, Польша). Одношнековые комбайны предназначены для выполнения концевых операций в месте сопряжения лавы с конвейерным штреком на участке длиной 20 – 25 м (рисунок 12.16).



1 – режущий шнек; 2 – поворотный редуктор; 3 – лыжа; 4 – электродвигатель; 5 – редуктор насоса; 6 – механизм подачи; 7 – поворотный редуктор; 8 – рама; 9 – магнитная станция; 10 – пылеотсос; 11 – приемное устройство кабеля

**Рисунок 12.16 – Комбайн для коротких забоев ЭСА-150-Л**

Комбайн ЭСА-150-Л (рисунок 12.16) является многофункциональной машиной и может применяться для выемки в коротких забоях угля, калийных руд, других минералов и вмещающих пород.

Комбайн одношнековый. Отличительные особенности заключаются в возможности поворота исполнительной части машины на угол, близкий к  $360^\circ$ . При этом комбайн может работать по разрушению забоя и погрузке горной массы на конвейер при движении в обоих направлениях.

Комбайн перемещается по раме забойного конвейера при помощи системы подачи типа «Айкотрак».

## ГЛАВА 13 ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ КРЕПЛЕНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ КРОВЛЕЙ

### 13.1 Основные понятия. Классификация

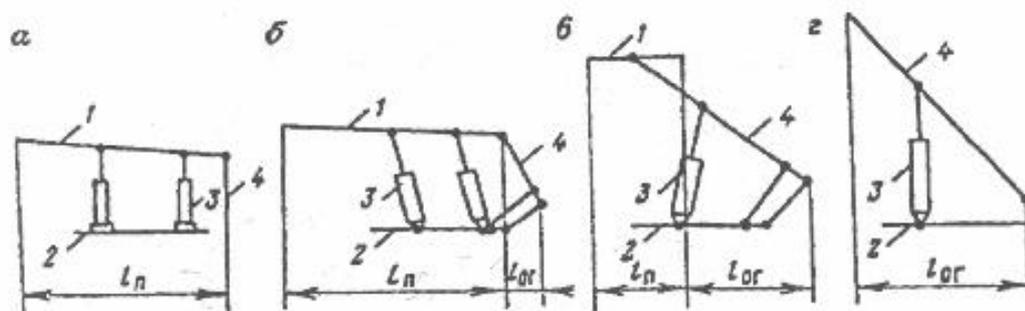
Из основных элементов очистного механизированного комплекса (комбайн, конвейер, крепь) наиболее важную роль играет механизированная крепь.

*Механизированная крепь* – самопередвигающаяся секционная крепь, предназначенная для поддержания пород кровли с целью сохранения призабойного пространства по длине очистного забоя в рабочем и безопасном состоянии, обеспечивающая механизацию процессов крепления и управления кровлей, передвижки и удержания забойного скребкового конвейера вместе с выемочной машиной.

Механизированная крепь (лавокомплект) состоит из системы одно- или разнотипных секций, расставленных с определенными шагом и последовательностью по длине очистного забоя и передвигающихся в направлении подвигания очистного забоя.

Секция механизированной крепи – самостоятельная структурная единица механизированной крепи очистного забоя, способная на ограниченной его длине, равной ширине секции, поддерживать призабойное пространство очистного забоя в рабочем и безопасном состоянии.

Секция механизированной крепи (рисунок 13.1) состоит из следующих основных элементов: верхнего перекрытия, нижнего основания, гидравлических стоек, с помощью которых верхнее перекрытие оказывает сопротивление опусканию и обрушению пород кровли в рабочее пространство, оградительной части, одного или двух гидродомкратов передвижки, устройства силовой связи основания с верхним перекрытием.



а – поддерживающая; б – поддерживающе-оградительная; в – оградительно-поддерживающая; г – оградительная; 1 – поддерживающая часть; 2 – основание; 3 – гидростойки; 4 – оградительная часть перекрытия

**Рисунок 13.1 – Схемы механизированных крепей по характеру взаимодействия с породами кровли**

По функциональному признаку (режиму работы) – оказанию сопротивления опусканию (обрушению) кровли в призабойное пространство механизированные крепи разделяют на четыре основных типа (рисунок 13.1): поддерживающие, поддерживающе-оградительные, оградительно-поддерживающие и оградительные.

В качестве основного классификационного признака принято соотношение проекций поддерживающей и оградительной частей перекрытий механизированных крепей, работающих по простиранию, на почву пласта, а работающих по падению или восстанию – на горизонтальную плоскость.

У крепи, работающей в режиме поддерживающей, отсутствуют оградительные элементы, способные воспринимать вертикальную нагрузку от обрушающихся пород кровли. Защитное ограждение в этом случае выполняет только функцию защиты рабочего пространства от бокового проникновения обрушающихся пород кровли.

Крепи, работающие в режиме оградительно-поддерживающих и поддерживающе-оградительных, характеризуются наличием проекций как поддерживающей, так и оградительной частей перекрытий. При этом у оградительно-поддерживающих крепей проекция оградительной части перекрытия больше проекции поддерживающей части перекрытия ( $l_{ог} > l_n$ ), а у поддерживающе-оградительных – наоборот ( $l_n > l_{ог}$ ). У крепей, работающих в режиме оградительных, отсутствует поддерживающая часть.

Обычно в поддерживающих и поддерживающе-оградительных крепях гидравлические стойки соединяются с поддерживающими элементами перекрытия, а в оградительно-поддерживающих и оградительных – с оградительными элементами.

По силовым связям и схемам передвижки, входящие в лавокомплект секции механизированной крепи, делят на комплектные и агрегатные (агрегатированные).

Под комплектной крепью понимают механизированную крепь, в которой две или более секций объединены друг с другом в комплект через гидродомкраты передвижки, причем каждый комплект не связан друг с другом и с забойным конвейером.

Комплекты крепи в процессе передвижки кинематически не взаимосвязаны, так как передвижки каждого комплекта осуществляются независимо друг от друга, в силу чего такие комплекты непригодны для дистанционного и автоматического управления.

Под агрегатной (агрегатированной) крепью понимают такую крепь, все секции которой своими гидродомкратами передвижения связаны (агрегатированы) со ставом забойного конвейера. Передвижения секций кинематически взаимосвязаны, вследствие чего секции пригодны для

дистанционного и автоматического управления, позволяют сократить время на их передвижку.

Комплектные крепи в зависимости от числа секций в комплекте могут быть двух-, трех- и многосекционными.

На первом этапе внедрения на рудниках ОАО «Беларуськалий» столбовых систем разработок длинными забоями применялись комплектные крепи (КМ97Д, 2М819).

Однако в связи с развитием технического прогресса в отрасли комплектные крепи постепенно заменялись более совершенными моделями агрегатных крепей.

При линейном расположении секций агрегатные крепи могут выполняться с двояким расположением секций в исходном положении без резервирования хода домкрата передвижки («незаряженная» или подтянутая крепь) – секции придвинуты вплотную к ставу конвейера; с резервированием хода домкрата передвижки – секции отодвинуты от конвейера на величину хода последнего («заряженная» или оттянутая крепь).

Основные достоинства линейного расположения секций с резервированием хода: возможность передвижки секций непосредственно вслед за комбайном или его передним исполнительным органом в любом порядке; возможность применения конвейера с любым способом его передвижки, наличие свободной дороги для прохода людей в пространстве между конвейером и передней стенкой секции крепи. Недостатки: увеличенная ширина бесстоечного призабойного пространства и, в силу того, увеличенная длина консольной части верхнего перекрытия.

Преимуществом линейного расположения секций крепи без резервирования их хода является меньшая на ширину захвата исполнительного органа комбайна ширина бесстоечного призабойного пространства и соответственно меньшая длина консольной части верхнего перекрытия. Недостаток такого расположения – возможность передвижки секций крепей только после передвижки става конвейера. Если последний передвигается с изгибом, то секции крепи могут передвигаться только на расстоянии 11 – 15 м вслед за комбайном.

По способу управления механизированные крепи выполняются со следующими системами управления:

- ручное дистанционное из-под соседней секции (одно- и двустороннее);
- ручное дистанционное с центрального пульта, вынесенного на штрек;
- групповое автоматическое;
- дистанционно-автоматическое с центрального пульта, вынесенного на штрек.

Учитывая, что в настоящее время основным типом механизированных крепей являются агрегатные, в дальнейшем рассматриваются только агрегатные крепи.

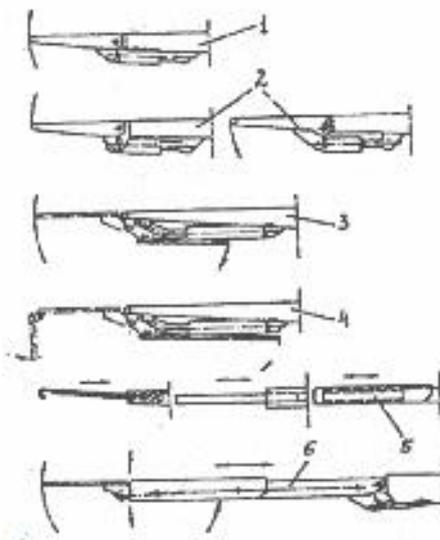
По наличию силовых связей верхнего перекрытия и его оградительной части с основанием все секции делят на два типа:

– с использованием в качестве силовой связи основания с перекрытием и его оградительной частью гидравлических стоек.

– с наличием специальной силовой связи верхнего перекрытия и его оградительной части с основанием, разгружающей гидравлические стойки от поперечных изгибающих нагрузок (рисунок 13.1, б, в, г). Например, крепи БС2.1П, типа «Фазос».

Секции механизированных крепей, имеющих силовую связь перекрытия с основанием, считаются щитовыми независимо от числа гидравлических стоек, число которых может изменяться от одного до четырех.

Щитовые крепи имеют развитое ограждение, осуществляющее посредством рычажного механизма силовую связь поддерживающего элемента с основанием. Силовая рычажная связь (четырёхзвенный или лемнискатный механизм) служит для стабилизации верхнего строения крепи относительно основания и забоя, а также разгружает стойки от изгибающих моментов.



- 1 – подвижный козырек; 2 – поджимная консоль со стопором; 3 – поджимной складывающийся козырек; 4 – поджимной складывающийся козырек с ограждением забоя; 5 – выдвигная консоль; 6 – выдвигная консоль с поджимным козырьком

**Рисунок 13.2 – Схемы конструкций консольной части поддерживающих перекрытий**

Основные достоинства щитовых секций крепей: возможность работать с активным подпором без передачи поперечных изгибающих усилий на

гидравлические стойки; более цельная и стабильная в силовом отношении конструкция секций, что обеспечивает лучшую устойчивость как верхнего перекрытия и его ограждающей части, так и секции в целом.

Указанные преимущества сделали в настоящее время щитовой тип секции крепи основным.

По числу гидродомкратов передвижки все секции крепи выполняются с одним или двумя гидродомкратами передвижки.

Поддерживающая часть крепей может быть выполнена с различными конструкциями консольной части, как показано на рисунке 13.2. Для условий соляных рудников следует отдать предпочтение жесткой конструкции верхнего перекрытия, шарнирно соединенной со стойками и системой ограждения. Это позволяет обеспечивать активное поддержание пород кровли и передвижку секций крепи с подпором.

### 13.2 Взаимодействие механизированных крепей с породами кровли

Основным силовым опорным элементом механизированной крепи является гидравлическая стойка, которая представляет собой силовой гидроцилиндр, работающий в сочетании с предохранительным и разгрузочным клапаном и индикатором давления.

Типовая схема подключения гидростойки к системе гидропривода механизированной крепи и рабочая характеристика гидростойки показаны на рисунке 13.3. В поршневую полость П гидростойки по магистрали 8-5-6-7 подается рабочая жидкость от насосной станции. Гидростойка начинает воздействовать на боковые породы с усилием начального распора  $N_{н.р.}$  (кН) (рисунок 13.4).

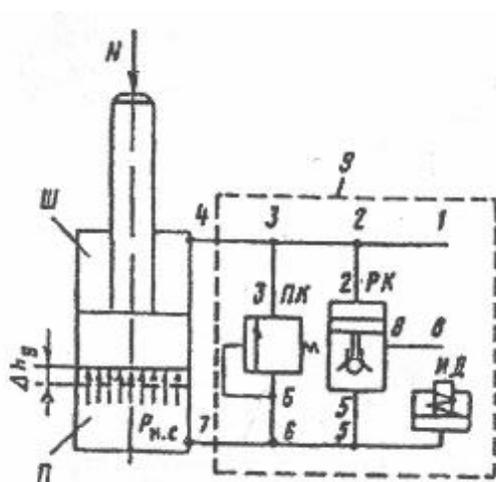
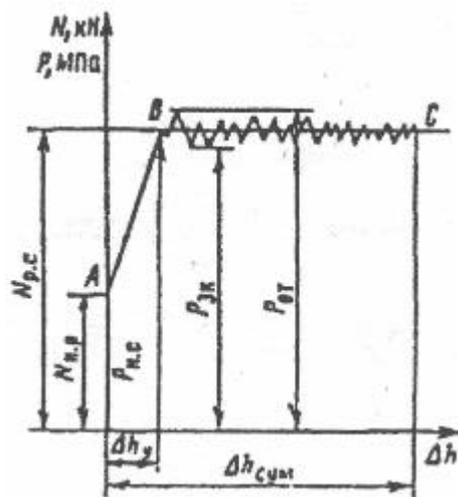


Рисунок 13.3 – Схема подключения гидростойки к системе гидропривода крепи



**Рисунок 13.4 – Рабочая (проектная) характеристика гидростойки**

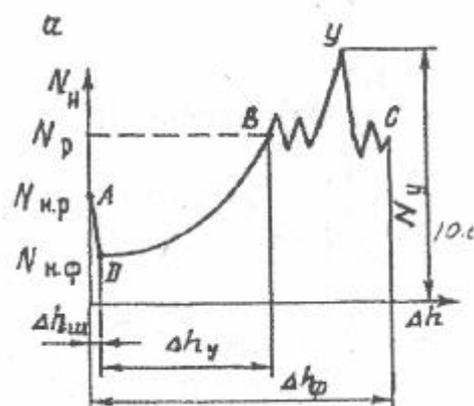
Разгрузочный клапан (гидрозамок) РК отсекает поршневую полость гидростойки от напорной магистрали 8. Стойка оказывает сопротивление  $N$  опусканию кровли. При этом увеличивается давление рабочей жидкости в поршневой полости П гидростойки (линии АВ, рисунок 13.4), происходит упругое сжатие рабочей жидкости и упругая деформация цилиндра стойки. В этот период выдвижные части гидростойки опускаются на величину  $D_{hy}$ , с одновременным увеличением усилия сопротивления опусканию пород кровли. На этом участке (линия АВ) гидростойки работают в режиме нарастающего сопротивления (РНС). При дальнейшем опускании кровли давление в поршневой полости П гидростойки повышается до настроечного давления срабатывания предохранительного клапана ПК, и он срабатывает. Гидростойка начинает работать в режиме постоянного рабочего сопротивления  $N_{p.c}$  (линия ВС). Работа предохранительного клапана в этом режиме характеризуется давлениями открывания клапана  $P_{от}$  от и его закрывания  $P_{зк}$ .

Для контроля давления в поршневой полости стойки служит индикатор давления ИД, который комплектуется обычно совместно с предохранительным ПК и разгрузочным РК клапанами в одном корпусе 9, образуя стоечный гидроблок, или выносится на рукав высокого давления (рисунок 13.3).

Для разгрузки гидростойки рабочая жидкость под давлением подается по магистрали 1-2-3-4 в штоковую Ш полость стойки и по магистрали 2-2 в разгрузочный клапан РК, открывая выход рабочей жидкости из полости П на слив по магистрали 7-6-5-8. При этом выдвижная часть гидростойки опускается. Гидростойка может разгружаться полностью с потерей контакта перекрытия с кровлей или частично со снижением давления в поршневой полости до заданного предела в случае передвижки крепи с активным подпором.

Фактическая рабочая характеристика гидравлической стойки (рисунок 13.5) в большинстве случаев существенно отличается от проектной, так как

включает реальное взаимодействие крепи с кровлей (наличие неровностей, штыбовой подушки и т.п.) и некоторые факторы организации работ в лаве. Таким образом, из-за различных условий эксплуатации крепи при одной и той же проектной рабочей характеристике может быть множество отличающихся одна от другой фактических рабочих характеристик.



**Рисунок 13.5 – Фактическая рабочая характеристика гидравлической крепи  $N = f(Dh)$**

На рисунке 13.5 показана одна из возможных фактических характеристик крепи. Линия АД отражает спад усилия начального распора  $N_{н.р.}$ ) соответствующего проектной характеристике, до усилия начального фактического распора  $N_{н.ф.}$ .

Причинами спада усилия начального распора могут быть разрушение неровностей кровли, оставшийся штыб и др. В результате этого кровля опускается на величину освободившегося пространства. Линия ДВ отображает режим нарастающего сопротивления, и в отличие от прямолинейной зависимости проектной характеристики (рисунок 13.4) здесь зависимость опускания кровли от сопротивляемости крепи будет криволинейной (рисунок 13.5). Если опускание кровли происходит при сопротивляемости, значение которой ниже критического уровня сопротивляемости крепи, то опускание кровли будет нарастать быстрее, чем сопротивление крепи. Крезь в течение цикла работы не выйдет на режим работы с постоянным сопротивлением, т.е. крепь будет работать в неблагоприятном режиме.

Ломаная линия ВУС (рисунок 13.5) соответствует эксплуатации крепи в режиме постоянного сопротивления (РНС) с запроектированным средним усилием ( $N_p$ ), т.е. отображает рабочий режим отклонения, от которого могут быть вызваны лишь кратковременные повышения скорости опускания кровли (точка У). В этом случае возможно возникновение остаточных деформаций крепи, и посадка крепи «на жестко» – заклинивание крепи боковыми породами

после того, как гидравлический ресурс раздвижки стоек будет полностью исчерпан.

### 13.3 Параметры механизированных крепей

Механизированная крепь характеризуется параметрами:

- геометрическими;
- кинематическими;
- силовыми.

К основным геометрическим параметрам секций крепи относятся: ее длина по основанию и перекрытию, ширина и высота в сдвинутом и раздвинутом состояниях, ширина проходов между стойками крепи, а также между забоем и передней стойкой.

Геометрическим параметром крепи является расстояние между секциями вдоль лавы.

Основные кинематические параметры характеризуют раздвижность крепи и шаг ее передвижения.

Основными силовыми параметрами крепи являются ее сопротивление и начальный распор, усилие остаточного подпора секций крепи при передвижении, усилие передвижения секций крепи и конвейера, сопротивление консоли перекрытия.

Геометрические и кинематические параметры механизированной крепи определяются в основном технологическими функциями.

Силовые параметры крепи определяются прежде всего горно-геологическими условиями залегания пластов полезного ископаемого и установленными закономерностями взаимодействия крепи с боковыми породами.

Кроме того, при выборе или конструировании крепи следует принимать во внимание экономические факторы. Однако при этом следует иметь в виду следующие обстоятельства.

Надежность работы, прежде всего механизированной крепи, определяет безопасность ведения горных работ в лаве.

В большинстве случаев не представляется с достаточной точностью определить величину и характер распределения горного давления со стороны смещающих пород в лаве, а также непредсказуемые проявления горного давления за время эксплуатации крепи.

Выход из строя секций крепей при их полной посадке («на жестко») или по другим причинам связан с большими затратами на ремонт.

Все это приводит к тому, что в последнее время все более широкое распространение получают крепи с высокой несущей способностью.

### 13.4 Определение геометрических и кинематических параметров крепей

К основным геометрическим параметрам крепи, определяющим конструктивную схему ее секций, относятся размеры основных ее элементов по ширине поддерживаемого пространства лавы, шаг установки секций в лаве и коэффициент затяжки кровли.

На угольных пластах средней мощности предпочтительно применять комбайны с захватом 0,63 м, в калийных забоях – в основном комбайны с захватом 0,8 м.

Следует отметить тенденцию к увеличению полезного захвата комбайна и соответственно шага передвижки крепи. Выполненные Гипроуглемашем (Россия) исследования применительно к угольным забоям показывают, что при одинаковой установленной мощности электродвигателей комбайна и принятой для анализа длине лавы примерно 170 м увеличение захвата комбайна повышает нагрузку на забой за счет снижения весомости затрат времени на концевые операции в общих затратах времени на цикл по выемке. Так, при увеличении захвата с 0,63 до 0,8 м – в 1,3 раза, до 1 м – в 1,6 раза и до 1,2 – в 1,9 раза нагрузка на забой повышается соответственно в 1,2; 1,44 и 1,6 раза.

Один из основных геометрических параметров в крепи – зазор ( $l_3$ ) между забоем и передней кромкой верхнего перекрытия (общая ширина незакрепленной полосы кровли) не должен превышать 2,4 м (параметр уточняется) при отработке слоев по селективной технологии и 2,0 м — при валовой выемке (для угольных забоев  $l_3 = 0,3$  м).

В зависимости от принятого зазора определяется размер передней консоли перекрытия ( $l_d$ ).

Шаг установки секций крепи вдоль лавы обычно принимают равным длине секции забойного конвейера (1,5 м). В калийных забоях секции крепи устанавливаются, как правило, с шагом 2,0 м. Для этого в навесном оборудовании забойного конвейера предусматриваются места соединения с секциями крепи, расстояния между которыми в собранном виде выполняются кратными шагу установки секций.

Коэффициент затяжки кровли для калийных забоев нормативными документами не регламентируется. Однако расстояние между верхними перекрытиями и ограждениями соседних секций не должно превышать 0,5 м.

### 13.5 Определение силовых параметров крепи с учетом нормативных показателей

Основным силовым параметром крепи является ее несущая способность  $q_c$  (удельное сопротивление на 1 м<sup>2</sup> поддерживаемой площади кровли), кН/м<sup>2</sup>.

Значения удельной нагрузки ( $q$ ) для различных условий применения механизированных крепей приведены в сборнике «Нормативные и методические документы по ведению горных работ на Старобинском месторождении калийных солей».

Нормируемый силовой показатель для выбора крепи – удельная нагрузка является усредненной величиной и фактически не учитывает конструктивной схемы крепи, характера проявления горного давления, особенностей технологии выемки и других факторов.

Характер распределения усилий от горного давления определяет положение равнодействующей и ее величину, а также усилия, возникающие в стойках крепи. Например, четырехстоечная крепь типа М87КС, подобранная по нормативной удельной нагрузке, может оказаться неработоспособной, если равнодействующая горного давления будет достаточно близко смещена к завальному или забойному рядам стоек.

Рабочее сопротивление крепи в этом случае будет использовано недостаточно полно, а реакции стоек могут превысить их сопротивление по технической характеристике.

Аналогичное положение может возникнуть при использовании двухстоечных крепей при значительном отклонении равнодействующей сил горного давления от осей стоек в месте сопряжения их с верхним перекрытием.

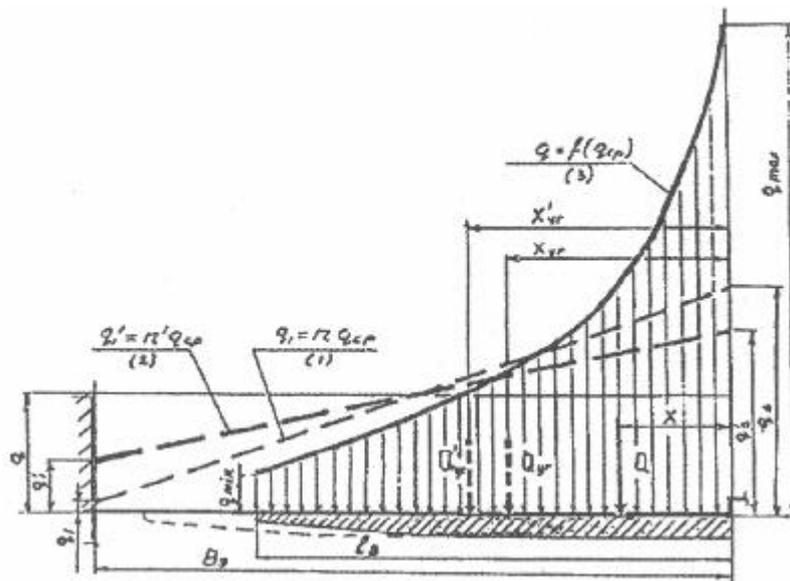
### **13.6 Особенности взаимодействия механизированных крепей с боковыми породами в калийных забоях**

При выборе параметров и типа крепи необходимо принимать во внимание существенные отличия в закономерностях распределения активного горного давления по ширине призабойного пространства в угольных и калийных забоях.

На это положение следует обращать особое внимание, так как механизированные крепи, как правило, проектируются для угольных забоев. При использовании их в калийных рудниках необходимо выполнять оценку крепей с учетом отличительных особенностей распределения горного давления в калийных забоях.

Для угольных забоев эпюра распределения активной нагрузки со стороны горных пород при ширине призабойного пространства не более эталонной величины (4 м) принимается в виде трапеции (рисунок 13.6). Изменение величины активного горного давления по ширине рабочего пространства принимают линейным (рисунок 13.6, графические зависимости 1 и 2).

На рисунке 13.6 приведены графические зависимости распределения горного давления и исходные данные для выбора или проектирования крепей, предназначенных для угольных и калийных забоев.



**Рисунок 13.6 – График изменения активного горного давления по ширине рабочего пространства ( $B_3$ ) для угольных (1 и 2) и калийных забоев (3)**

Таким образом, крепи предназначенные для калийных забоев, могут иметь существенные отличия от крепей, спроектированных для угольных забоев. Это обусловлено существенным смещением координаты приложения равнодействующей от сил горного давления к концу верхнего перекрытия со стороны завала.

В реальных условиях координата ( $x$ ) положения равнодействующей ( $Q$ ), как показали исследования, колеблется в пределах  $\pm 0,3$  м от ее расчетного положения. В связи с этим следует оценить изменения системы сил, действующих на конструкцию секций крепи.

С учетом указанного подхода к выбору конструкции и параметров механизированных крепей можно рассчитывать на их эффективную эксплуатацию.

### **13.7 Определение основных силовых параметров крепей с учетом особенностей взаимодействия их с боковыми породами в калийных забоях**

Для оценки и выбора рациональных компоновок и параметров крепей разработан методический материал «Крепь механизированная для сопряжений и очистных забоев Старобинского месторождения калийных руд. Методика оценки работоспособности и соответствия параметров условиям силового взаимодействия с боковыми породами».

Методика устанавливает порядок оценки соответствия силовых и конструктивных параметров существующих крепей условиям их эксплуатации на рудниках Старобинского месторождения, а также может быть использована для выбора и расчета рациональных параметров вновь проектируемых крепей.

Основным критерием для выбора предельных параметров крепи является соответствие рабочего сопротивления стоек (гидродомкратов) реакциям, возникающим в них от горного давления.

Для определения равнодействующих усилий со стороны горных пород на крепь (нагрузки), поддерживающий элемент забойной крепи 2 и линия ее действия (координата  $X$ ) задаются параметрами  $q$  и  $\beta$ .

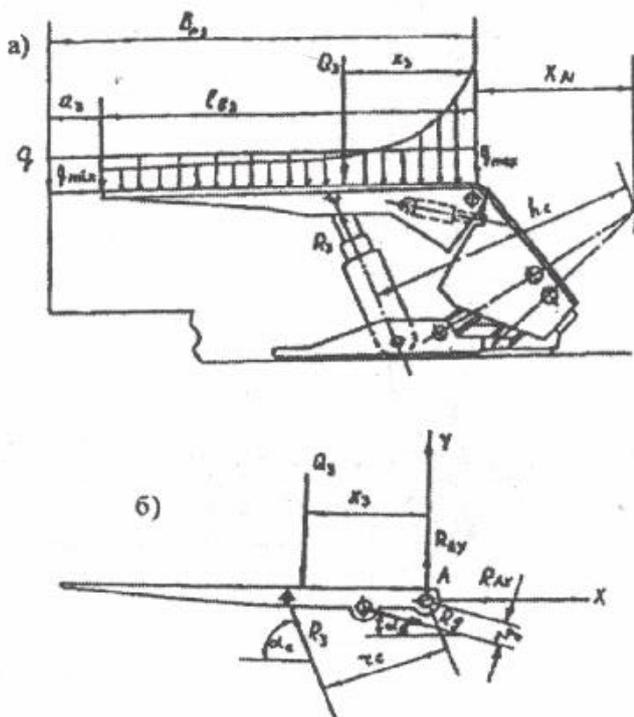
Линия действия равнодействующей проходит через центр тяжести параболической эпюры нагрузки (рисунок 13.6). При отсутствии в крепи поджимного козырька координата равнодействующей внешней нагрузки  $Q$  определяется зависимостью:

$$X = \frac{l_b}{8} \left( 5 - \frac{l_b}{B} \beta \right),$$

где  $l_b$  – длина поддерживающего элемента крепи, м.

В качестве примера рассмотрим поддерживающе-оградительную крепь с одним рядом стоек и поддерживающим гидроцилиндром (рисунок 13.7).

При необходимости определяется реакция гидроцилиндра ( $R_q$ ) из уравнения суммы моментов относительно шарнира А (рисунок 13.7).



а – секция крепи (эпюра нагружения основания секции не показана); б – система сил, действующих на верхнее перекрытие

**Рисунок 13.7 – Расчетная схема поддерживающе-оградительной крепи**

Крепь считается работоспособной и ее параметры соответствуют условиям эксплуатации, если:

– общий уровень нагрузки, действующей на крепь от горного давления не превышает рабочего (номинального) сопротивления крепи;

– реакции в гидростойках и опорных (установочных) гидроцилиндрах не превышают рабочих сопротивлений стоек и домкратов по их техническим характеристикам.

Может быть дополнительно выполнен анализ изменения усилий в элементах секции крепи при условном отклонении координаты приложения равнодействующей сил горного давления ( $x$ ) в пределах +25% от расчетной величины (пределы отклонения зафиксированы в реальных условиях).

Разработанная методика позволяет более рационально подойти к выбору или проектированию крепей для калийных забоев. Однако величины конкретных параметров ( $q$ ,  $b$  и др.) по мере накопления опыта эксплуатации механизированных крепей в калийных рудниках и изменения горно-технических условий должны уточняться.

### **13.8 Лавокомплект механизированной крепи**

Обычно в состав лавокомплекта механизированной крепи входят следующие изделия:

- линейные секции;
- крепь сопряжения;
- система громкоговорящей связи и сигнализации;
- система освещения;
- насосная станция (маслостанция);
- система управления.

*Линейная секция.* Рациональная конструкция секции – агрегатная, щитовая, поддерживающе-оградительная, с резервированием хода, с исполнениями одно- или двухрядная, четырех-, трех-, или двухстоечная (рекомендации по выбору исполнений см. ниже).

Крепь сопряжения предназначена для поддержания пород кровли и сохранения их безопасного состояния. Крепь сопряжения устанавливается на прилегающих к лаве бортовых штреках и среднем вентиляционном, если последний предусматривается в схеме подготовки выемочного участка.

Крепь сопряжения состоит из двух или трех секций, аналогичных по конструкции забойным секциям крепи большего типоразмера с учетом подрывки почвы на штреках.

На бортовых штреках крепь сопряжения используется также для передвижки эстакад, на которых укрепляются привода забойного конвейера.

*Система громкоговорящей связи и сигнализации* позволяет обеспечить необходимую звуковую связь в забое, предупредительную звуковую сигнализацию при запуске оборудования и его аварийное отключение практически из любого места рабочей зоны. Предусматривается в случае

повреждения электрической цепи быстрое нахождение места неисправности с сохранением работоспособности системы.

Система освещения включает основной элемент – лампу освещения (например, лампа «Хамахер»), которая устанавливается на секции крепи в защищенном месте. Система освещения питается напряжением переменного тока 127 В.

Насосная станция предназначена для питания рабочей жидкости гидравлических систем крепей. В качестве примера приведем параметры унифицированных станций типа СНЕ («Агрегатный завод», Воронеж, Россия). Заводом выпускаются следующие исполнения насосных станций: СНЕ 90/32; СНЕ 150/32; СНЕ 180/32. Номинальная подача соответственно составляет 95, 120, 152 и 185 л/мин, при давлении на выходе 32 МПа. Вместимость бака – 2000 л, давление настройки предохранительного клапана 38 МПа.

Система управления предназначена для управления гидрооборудованием секций крепи и передвижки забойного конвейера. В настоящее время разработано множество систем дистанционного и автоматического управления, предусматривающих управление всеми этапами работ крепи, в том числе и групповую передвижку секций крепи (6 секций) и одновременно передвижку на этом отрезке лавы забойного конвейера. В современных крепях основной элемент системы – переливной клапан настраивается на давление 48 МПа для поддержания постоянного номинального сопротивления стоек.

### **13.9 Тенденции развития механизированных крепей. Некоторые рекомендации по их применению**

При разработке угольных пластов подземным способом накоплен огромный опыт применения механизированных крепей. Полученные результаты исследований работы крепей и проявления горного давления не могут быть в полной мере использованы при создании эффективных крепей для калийных забоев. Однако, считаем полезным ознакомиться с общей тенденцией развития механизированных крепей в горной промышленности.

В последние годы ведущие зарубежные фирмы приступили к изготовлению преимущественно, как указано выше, щитовых крепей поддерживающего и оградительно-поддерживающего типов повышенного (до 1200 кН/м<sup>2</sup> и более) удельного сопротивления. Крепи с удельным сопротивлением 1000 – 1500 кН/м<sup>2</sup> успешно эксплуатируются на шахтах США, Австралии и ЮАР.

При этом на труднообрушаемых кровлях увеличение несущей способности крепи существенно улучшает процесс управления кровлей.

В последнее время получили широкое распространение однорядные двухстоечные крепи. Однако при этом следует принимать во внимание

следующее. Кровли угольных пластов западноевропейских месторождений в большинстве случаев не являются трудноуправляемыми и могут быть охарактеризованы как среднеуправляемые кровли. Это наиболее распространенный класс и в угольных бассейнах бывшего СССР.

Для работы в условиях легких кровель без нарушения массива напластования могут успешно применяться однорядные двухстоечные крепи.

Для тяжелоуправляемых кровель предпочтение отдается двухрядным четырех- или трехстоечным крепям.

Наибольшее распространение в горной промышленности получили двухрядные четырехстоечные крепи.

Большие объемы крепей выпускаются заводами СНГ (в 1999 – 2000 гг. около 80 комплектов каждый год).

ОАО «Дружковский машзавод» (Украина) по документации института «Донгипроуглемаш» (Украина) освоил выпуск типоразмерного ряда механизированных крепей КД90. Крепи щитовые четырехстоечные, работают по заряженной схеме и охватывают пласты мощностью от 0,8 до 2,5 м. Удельное сопротивление на 1 м<sup>2</sup> поддерживаемой площади составляет от 488 до 588 кН/м<sup>2</sup>.

АО «Гипроуглемаш» (Москва) и конверсионные машиностроительные заводы Российской Федерации организовали выпуск механизированных крепей М137, М138, М142, М144, охватывающих область применения в диапазоне мощности пластов от 0,8 до 6,0 м и кровлями от неустойчивых до труднообрушаемых. Освоены также новые модели крепей М137С, М146, М143, предназначенные для сложных условий эксплуатации. Наряду с обеспечением высокого темпа скорости крепления в их конструкции заложена возможность увеличения срока службы до 8 – 10 лет без существенных ремонтов, использование систем с модульным электрогидравлическим управлением, включая групповую и автоматизированную передвижку секций. Крепи имеют несущую способность от 600 кН/м<sup>2</sup> до более 1000 кН/м<sup>2</sup>. Выпускаются крепи с двумя или четырьмя стойками.

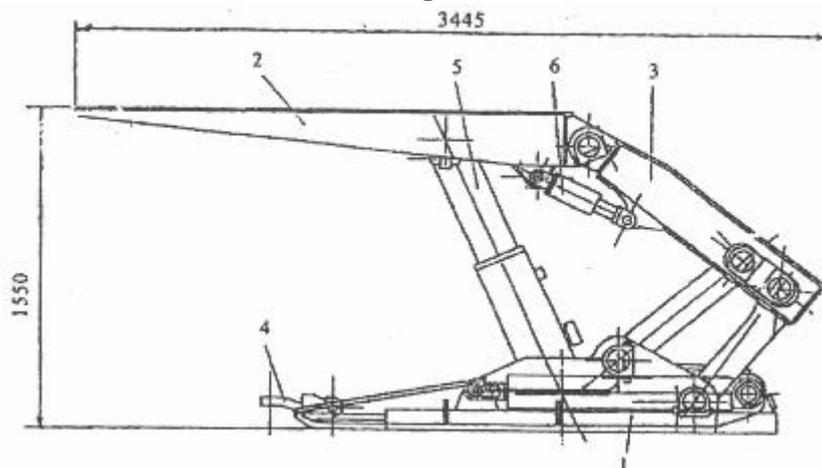
Ведущими зарубежными фирмами в области производства механизированных крепей являются ДВТ (Германия) GLINIK, FAZOS (Польша), GULLICK INTERNATIONAL, LONG-AIRDOX (Англия).

### **13.10 Особенности механизированных крепей для калийных рудников**

Механизированные крепи, которые в последние годы эксплуатируются в калийных рудниках, и их технические характеристики.

Наибольшее распространение получили крепи фирмы «Фазос» (Польша). Крепи применяются для выемки Третьего калийного пласта (меньшие типоразмеры – для извлечения IV слоя, а большие – для II и III слоев).

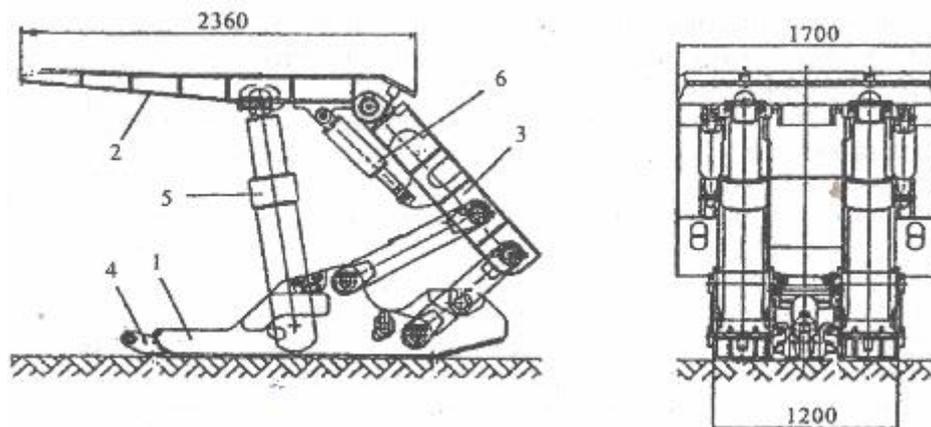
На рисунке 13.8 показана секция крепи «Фазос-09/15.5-Оз».



1 – основание; 2 – верхнее перекрытие; 3 – оградительная часть перекрытия;  
4 – механизм передвижки; 5 – гидростойка; 6 – гидродомкрат

**Рисунок 13.8 – Механизированная крепь «Фазос-09/15.5-Оз»**

Для работы на слоях II – III Третьего калийного пласта в сложных горнотехнических условиях фирмой «Саар Тех» (Германия) поставлены однорядные двухстоечные крепи с повышенной несущей способностью 16/24Л-600 (рисунок 13.9).



1 – основание; 2 – верхнее перекрытие; 3 – оградительная часть перекрытия;  
4 – механизм передвижки; 5 – гидростойка; 6 – гидродомкрат

**Рисунок 13.9 – Механизированная крепь «СТС 16/24Л-600»**

Длительное время на рудниках эксплуатируются четырехстоечные крепи БС2.1 П (фирма «Вестфалия Люнен», Германия, рисунок 13.10).

При создании механизированных крепей для калийных забоев необходимо принимать во внимание следующее.

По сравнению с первыми этапами внедрения столбовых систем разработки в последнее время механизированные крепи эксплуатируются в более тяжелых условиях.



- переход очистных работ на более глубокие горизонты;
- увеличение до 250 – 300 м длины лавы;
- широкое применение селективной выемки.

Установлено, что при частичной закладке выработанного пространства в лаве статические нагрузки на крепь незначительно увеличиваются. При этом характер нагрузки на крепь более спокойный.

При разработке Третьего калийного пласта на подработанных верхней лавой участках шахтных полей в нижней лаве следует отдавать предпочтение более устойчивой четырехстоечной крепи.

При выборе крепи для отработки участков шахтных полей, где возможно ожидать динамические проявления горного давления, рекомендуется применять крепи с увеличенной несущей способностью по сравнению с нормативными показателями.

В лавах с ненарушенными породами кровли могут применяться более простые двухстоечные крепи.

В последние годы выполнен комплекс работ, направленных на организацию производства механизированных крепей на машиностроительных предприятиях Республики Беларусь.

ОАО «Белгорхимпром», ОАО «Беларуськалий» и ПО «БелАЗ» (г. Жодино) разработано техническое задание на создание ряда унифицированных крепей типа КМ 1624 для пластов мощностью 1,6 – 2,4 м с несущей способностью 420 – 1000 кН/м<sup>2</sup>. Предусматриваются исполнения крепей «Б» (базовое), «Л» (легкое), «Т» (тяжелое).

Таким образом, будет полностью обеспечена потребность ОАО «Беларуськалий» в механизированных крепях для различных горнотехнических условий при выемке пластов (слоев) мощностью 1,6 – 2,4 м.

Ведутся работы по разработке механизированной крепи для пластов мощностью 1,0 – 1,5 м и изготовлению ее с использованием машиностроительной базы в г. Солигорске.

## ГЛАВА 14 СКРЕБКОВЫЕ КОНВЕЙЕРЫ

### 14.1 Общие сведения

Требования безопасности к забойным и штрековым скребковым конвейерам, скребковым питателям и перегружателям определяются нормативами по безопасности забойных машин и комплексов, утверждаемыми в установленном порядке.

При эксплуатации скребковых конвейеров необходимо соблюдать следующие требования безопасности:

- конструкция конвейера должна предусматривать устройство, обеспечивающее безопасное натяжение и соединение скребковой цепи при монтаже и в процессе эксплуатации;

- конструкция конвейера должна предусматривать защиту приводов от перегрузки (гидромуфтами или другими защитными устройствами);

- система управления забойным скребковым конвейером должна обеспечивать отключение конвейера с устройств, расположенных вдоль лавы (на расстоянии не более чем через 10 м), а также с пульта комбайна. Орган отключения конвейера должен фиксироваться в отключенном положении;

- вблизи приводных и концевых головок забойных, а для штрековых конвейеров у приводных головок должна устанавливаться блокировочная кнопка с фиксацией при помощи которой можно произвести остановку конвейера, а в случае необходимости и не допустить его запуск;

- свободный проход вдоль става конвейера должен составлять не менее 7000мм.

Новые специальные виды конвейеров(подвесные, канатно-ленточный и др.) допускается использовать в рудниках по проекту, утвержденному главным инженером организации.

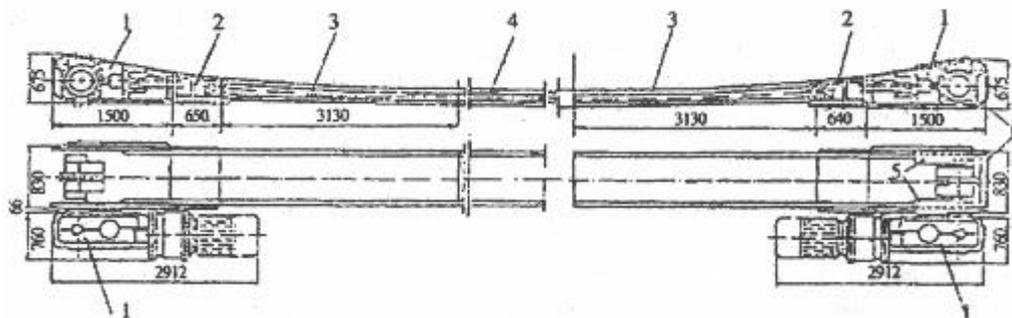
### 14.2 Устройство забойных и штрековых конвейеров

На калийных рудниках эксплуатируются скребковые конвейеры различных фирм. Рассмотрим устройство забойных и штрековых конвейеров на примере наиболее распространенных на рудниках ОАО «Беларуськалий» скребковых конвейеров типа ЭКФ-3 («Айкхофф», Германия). Конвейеры – одноцепные, komponуются из унифицированных узлов.

В состав забойного конвейера ЭКС-3-30-7 (рисунок 14.1) входят основные узлы: привод, рештаки, цепь в сборе со скребками и навесное оборудование.

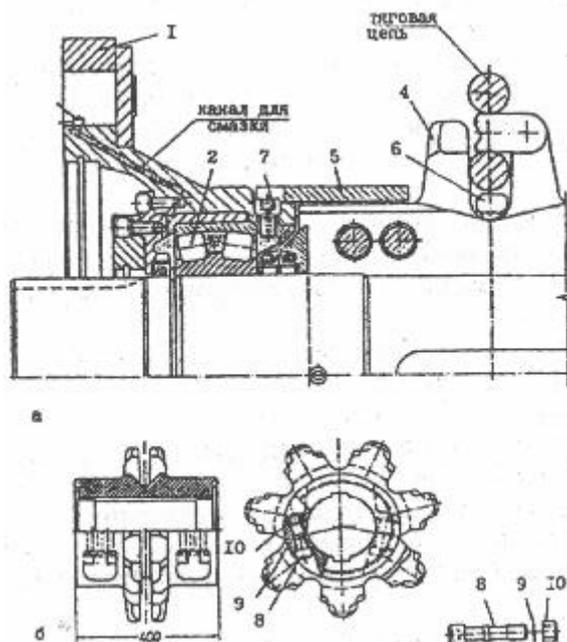
Привод состоит из станины, редуктора, турбомуфты (муфты Фойта), вала с приводной звездочкой и электродвигателя. В зависимости от типа электродвигателя и редуктора, а также способа их соединения привод имеет разные исполнения (правое, левое, двухстороннее).

Станина представляет собой жесткую раму, к которой крепятся редуктор и переходной рештак. В станине установлены приводная звездочка и цепесьемник (рисунок 14.2).



1 – привод; 2 – переходный рештак; 3 – соединительный рештак; 4 – линейный рештак; 5 – защитная плитка; 6 – торцевой лист

**Рисунок 14.1 – Забойный конвейер ЭЖФ3-30**



а – вал приводной звездочки; б – приводная звездочка в сборе;  
 1 – станина; 2 – подшипниковый узел; 3 – вал в сборе; 4 – звездочка в сборе;  
 5 – защитный кожух; 6 – цепесьемник; 7 – воздушная пробка; 8 – болт;  
 9 – шайба; 10 – гайка

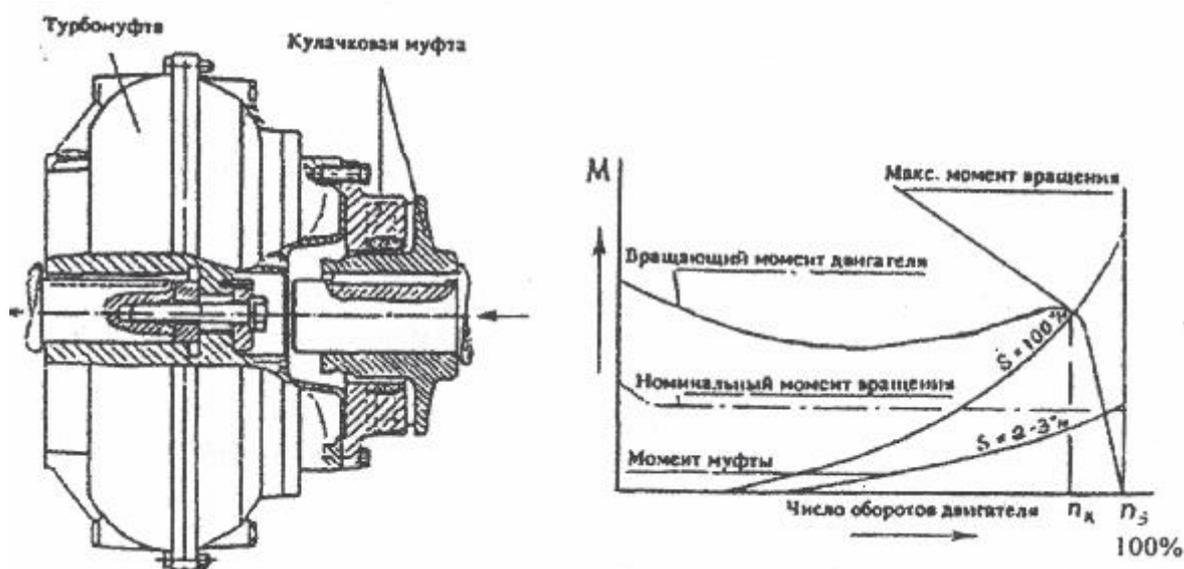
**Рисунок 14.2 – Узел приводной звездочки (Z – 7)**

Вал приводной звездочки опирается на два самоустанавливающихся подшипника. Камера подшипника со стороны звездочки уплотнена разъемным уплотнением.

Для защиты от проникновения штыба в подшипниковый узел служит также защитный кожух, который одновременно защищает от истирания болтовое соединение разъема звездочки.

Звездочка для цепи 30×108 имеет семь зубьев и состоит из двух частей, отлитых из высококачественной стали. Обе части звездочки соединены высокопрочными болтами. Цепесъемник с износостойкой наплавкой обеспечивает сход цепи с зубьев звездочки. Редуктор привода трехступенчатый с конической и цилиндрическими передачами.

Для передачи крутящего момента от электродвигателя к редуктору служит турбомуфта (Муфта Фойта) с эластичной кулачковой муфтой (Тшан) (рисунок 14.3). Турбомуфта разработана специально для скребковых конвейеров и позволяет применять на конвейерах простые и надежные в работе асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором, обеспечивая их защиту при частых пусках загруженных конвейеров или при их заклинивании, а также при ускорении больших маховых масс.



**Рисунок 14.3 – Турбомуфта (муфта фойта) типа 487.  
Моментальные характеристики**

В турбомуфте мощность от электродвигателя передается первичному колесу (насосу), а затем за счет гидродинамических сил жидкости в рабочем объеме – вторичному колесу, укрепленному на приводном валу редуктора. Для поддержания циркуляции жидкости необходима разница в числе оборотов первичного и вторичного колеса (скольжение). Моментная характеристика турбомуфты показана на рисунке 14.3. Муфта обеспечивает возможность получения высокого пускового момента при увеличении скольжения. При внезапной остановке конвейера число оборотов ведущего вала будет соответствовать установленному максимальному моменту турбомуфты. При этом обеспечивается защита электродвигателя от недопустимой перегрузки. В случае длительной перегрузки и несрабатывания защитных средств электродвигателя турбомуфта защищается от перегрева плавкими

предохранительными пробками. Первый плавкий предохранитель срабатывает при температуре  $110^{\circ}\text{C}$ , второй – аварийный – при  $140^{\circ}\text{C}$ .

При обычных включениях обеспечивается разгон двигателя без нагрузки. Это достигается путем срабатывания клапана и сбрасывания жидкости из рабочей полости турбомуфты в камеру замедления через дополнительные клапаны, управляемые за счет центробежных сил.

Турбомуфта заполняется обычной водой (15 литров при мощности двигателя 132 кВт и числе оборотов в минуту 1470).

Корпус муфты закрыт защитным кожухом.

Турбомуфта соединяется с валом электродвигателя кулачковой муфтой (муфта Тшан). Кулачковая муфта обеспечивает передачу вращения без вибраций и толчков при смещении соединяемых валов. Наряду с обеспечением продольной, поперечной и угловой подвижности муфта уменьшает динамические нагрузки в системе.

Муфта Тшан проста и надежна в работе, не требует технического ухода в процессе эксплуатации.

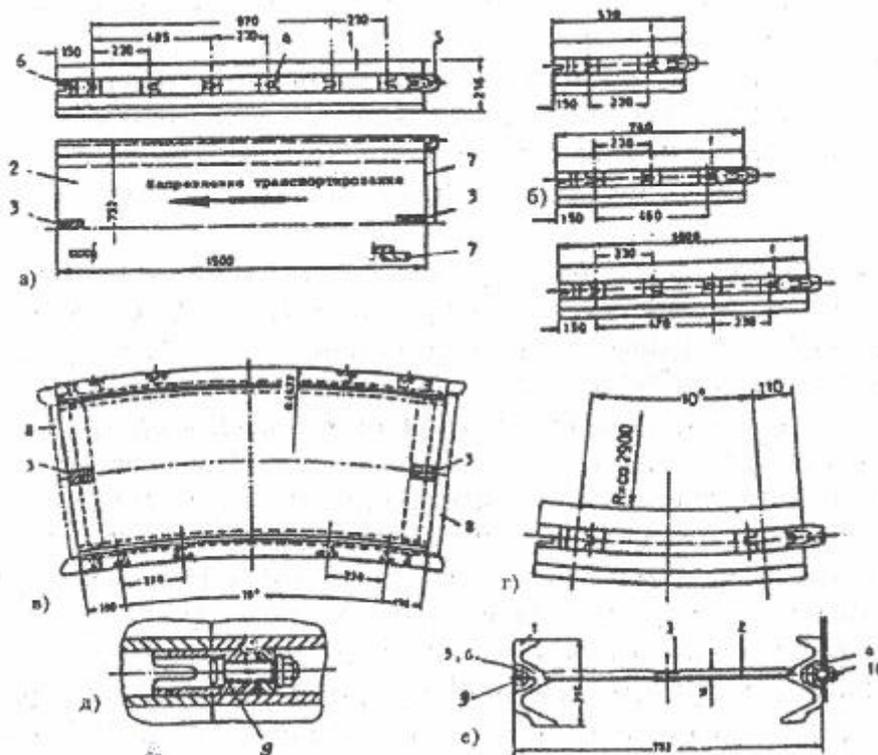
Электродвигатель фирмы «Сименс» асинхронный, с короткозамкнутым ротором, мощностью 132 кВт.

Привод хвостовой части конвейера (рисунок 14.1) имеет дополнительные защитные планки (5) и торцевой лист (6). Защитные планки предотвращают выход скребков на верхнюю направляющую при пуске конвейера с ослабленной цепью.

Боковые профили и донный лист толщиной 16 мм выполнены из легированных марганцем сталей. Переходный и соединительные рештаки образуют переход от станины к рештачному ставу. Компенсирующие рештаки поставляются трех типов. Уравнительный рештак устанавливается в конвейере после соединительного рештака привода. Отличается от линейного наличием перекрытий (7) с обеих сторон. В зависимости от назначения и придания конвейеру нужного изгиба могут применяться рештаки овальные (рисунок 14.4, г) и полукруглые (рисунок 14.4, в). Рештак полукруглый может монтироваться в любом месте на участке линейных рештаков. Рештаки соединяются между собой с помощью кулачковых болтов и манжетных гаек (рисунок 14.4, д, з). Манжеты из специального эластичного материала надежно стопорят гайки от самоотвинчивания. Замковые соединения обеспечивают пространственную подвижность рештаков: в плоскости транспортирования  $1,1^{\circ}$  и в вертикальной плоскости  $4^{\circ}$ . Цепь в сборе (рисунок 14.5) включает в себя собственно цепь 30x108, скребки, соединительные звенья и скобы. Цепь, скобы и соединительные звенья изготавливаются из высококачественной стали с присадками хрома, никеля и молибдена. Разрывная минимальная нагрузка цепи  $30 \times 108$  ( $j = 30$  мм,  $l$

= 108 мм) составляет 1400 кН. Стандартная длина ветвей цепи содержит 245 звеньев цепи плюс соединительное звено ( $l_{об} = 26,568$  м).

Общее количество звеньев цепи должно быть нечетным.



а – линейный; б – компенсирующие; в – полукруглый рештак; г – овалный; д – соединения рештаков; е – профиль рештачного става; 1 – боковой профиль; 2 – донный лист; 3 – износостойкая наплавка; 4 – держатель; 5 – соединительная планка; 6 – проушина; 7 – перекрытие; 8 – перемычки; 9 – кулачковый болт; 10 – болт со ступенчатой головкой

**Рисунок 14.4 – Рештаки конвейерного слива**

Скребки (рисунок 14.5, б) изготавливаются методом штамповки с последующей закалкой поверхностей «К». Скребки могут крепиться на каждом горизонтальном звене цепи с помощью цепной скобы. Рекомендуется устанавливать скребки на одинаковом расстоянии друг от друга «Х».

$X = 8$  звеньев = 0,864 м – для штрекового конвейера;

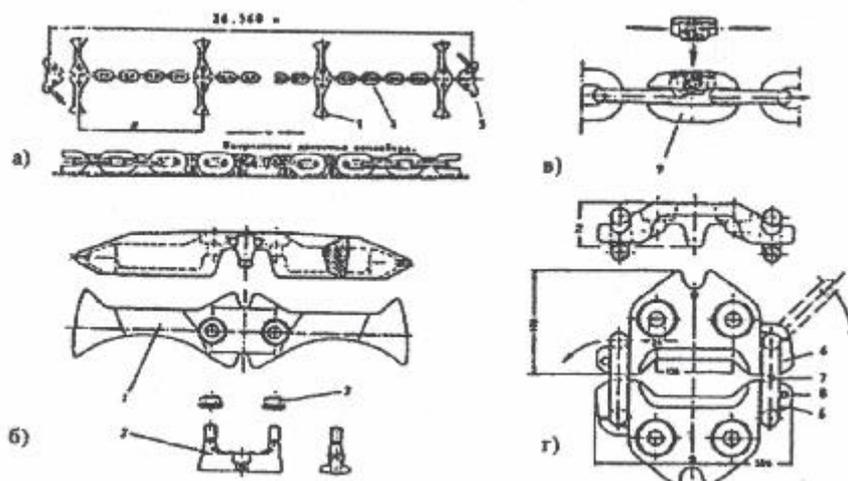
$X = 10$  звеньев = 1,08 м – для забойного конвейера;

$X = 6$  звеньев = 0,648 м – в месте установки быстроразъемного соединительного звена.

Соединительное звено F13536 (рисунок 14.5, в) может устанавливаться в любом месте цепи в вертикальном положении.

Другой тип быстроразъемного соединительного звена (рисунок 14.5, г) по сравнению со звеном цепи 30×108 и соединительным звеном F13536 обеспечивает более высокую разрывную нагрузку и надежное соединение

отрезков цепи. Быстроразъемное соединительное звено состоит из двух штампованных половин, соединенных поворотной скобой с фиксатором.



- 1 – скребок; 2 – цепная скоба; 3 – гайка; 4 – цепь 30×108; 5 – быстроразъемная скоба в сборе; 6 – скоба замка; 7 – поворотное звено; 8 – фиксатор;  
9 – соединительное звено

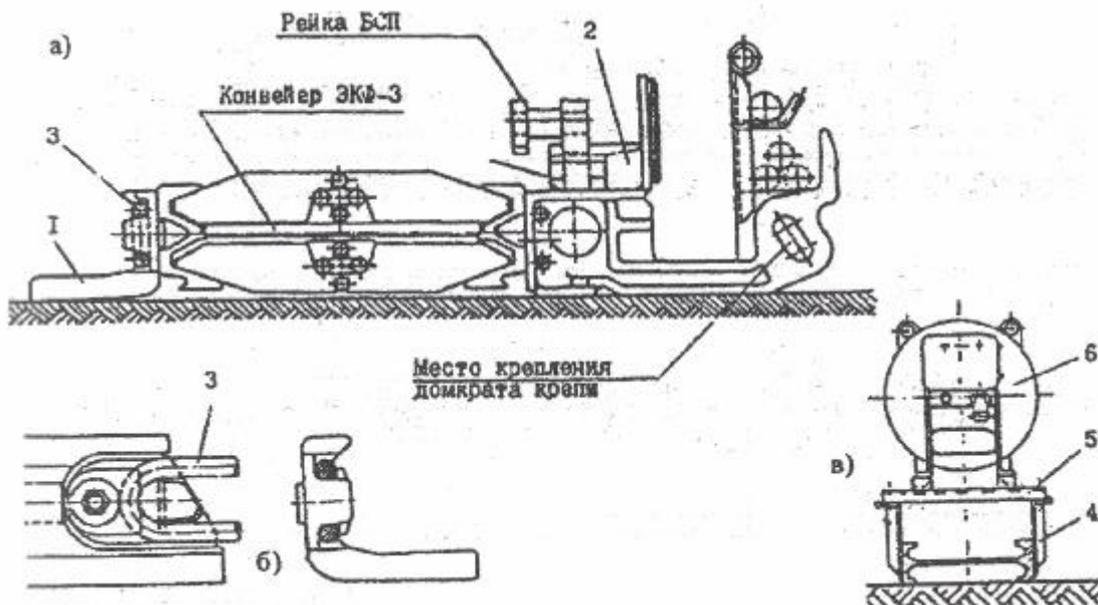
**Рисунок 14.5 – Цепь в сборе**

Забойные конвейеры оснащены навесным оборудованием (рисунок 14.6, а). Лемех (1) наряду с зачисткой почвы от просыпи руды одновременно служит опорой для забойных лыж (катков) очистного комбайна. Боковой щит (2) крепится к рештаку с завальной стороны. Щит предназначен для соединения конвейера с секциями механизированной крепи, крепления рейки бесцепной системы подачи, размещения кабелеукладчика и коммуникаций к забойным машинам. Длина лемехов и боковых щитов соответствует длине рештаков. Соединение лемехов и боковых щитов осуществляется замковыми соединениями (3), которые обеспечивают возможность изгиба става конвейера в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Навесное оборудование с замковыми соединениями кроме указанных функций позволяет разгрузить рештачный став конвейера от усилий, возникающих при работе комбайна.

На передвижном штрековом конвейере (рисунок 14.6, в) устанавливаются борта (4) и перекрытия (5) для размещения оборудования энергопоезда (6). Забойный конвейер (рисунок 14.6, а) оснащен реечным ставом бесцепной системы подачи (БСП). Реечный став состоит из набора секций, каждая из которых равна половине длины рештака конвейера и крепится к раме конвейера двумя пальцами. При этом обеспечивается максимально возможный изгиб реечного става и беспрепятственное прохождение стыков скребкового конвейера.

Стационарный штрековый конвейер прямолинейный. Его передвижка осуществляется вспомогательной лебедкой при продвигании лавы на 90 – 95 м.

Передвижной штрековый конвейер для обеспечения изгиба оснащен полукруглым рештаком. На штрековых конвейерах высокопроизводительных двухслойных лав установлено два привода в головной части конвейера.



а – навесное оборудование забойных конвейеров; б – замковое соединение; в – навесное оборудование штрекового конвейера; 1 – лемех; 2 – боковой щит; 3 – замковое соединение; 4 – борт; 5 – перекрытие; 6 – оборудование энергопоезда

**Рисунок 14.6 – Навесное оборудование конвейеров**

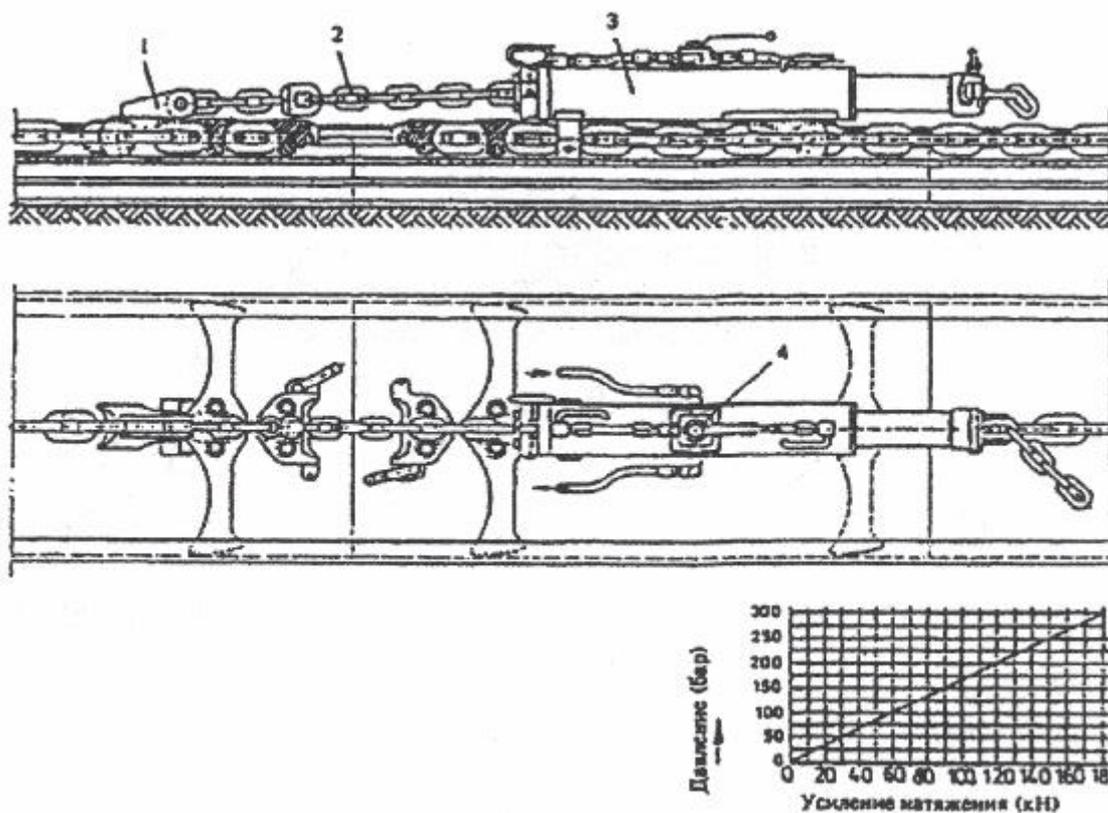
### 14.3 Устройство для натяжения и соединения цепи. Гидропередвижник штрековых конвейеров

Конвейеры типа ЭКФ-3 комплектуются устройством для натяжения и соединения цепи. Для перемещения штрековых конвейеров разработан специальный гидропередвижник. Устройство для натяжения цепи и соединения цепи позволяет получить заданную величину натяжения цепи за счет регулирования давления в рабочей полости гидродомкрата в соответствии с графиком (рисунок 14.7), а также в случае необходимости обеспечить соединение ветвей цепи.

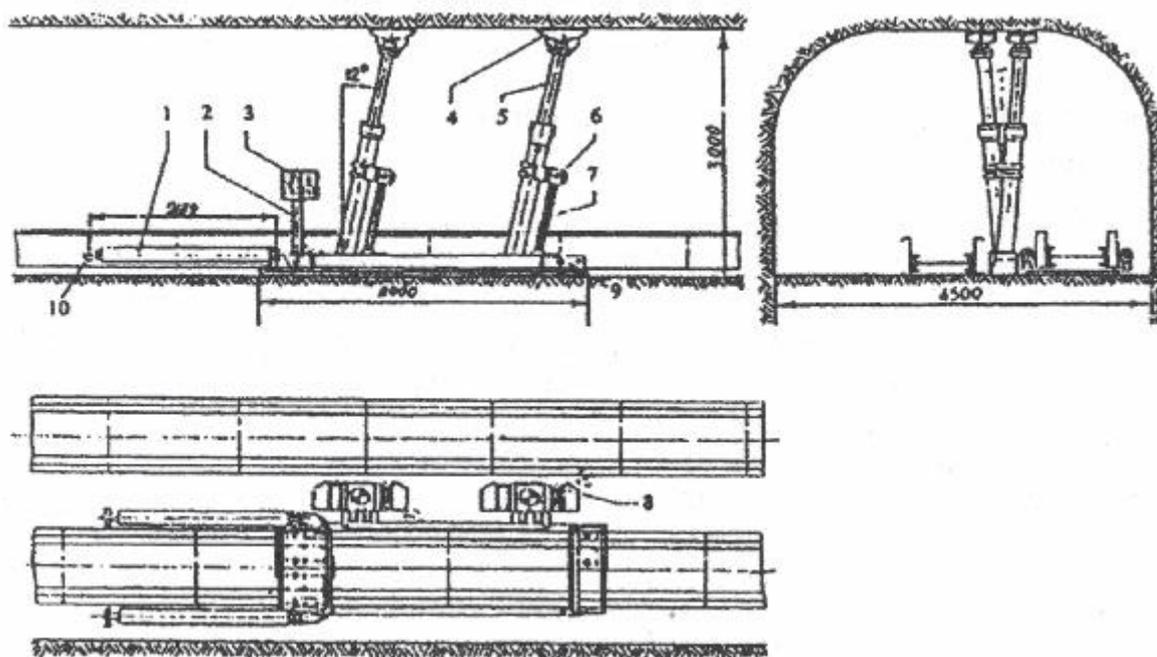
Гидропередвижник (рисунок 14.8) предназначен для передвижки штрековых конвейеров по мере продвижения лавы. Гидропередвижник представляет собой уложенную под ставом передвигаемого конвейера раму (9), которая гидростойками (5) с опорами (8) прижимается к почве. К раме крепятся два гидродомкрата передвижки (1), вторые концы которых связаны со ставом конвейера. Гидростойки удерживаются в заданном положении (отклонены на  $12^\circ$  в сторону, противоположную передвижению конвейера) пакетом рессор (7). Гидросистема передвижника питается от маслостанции крепи.

Перемещение конвейера осуществляется следующим образом. Гидростойками закрепляют раму, после чего включают домкраты передвижки и

перемещают конвейер. Затем освобождают от распора раму и подтягивают ее в новое положение.



1 – кулачок; 2 – цепь для натяжения; 3 – гидродомкрат; 4 – пульт управления  
**Рисунок 14.7 – Устройство для натяжения и соединения цепи**



1 – гидродомкрат; 2 – кронштейн; 3 – пульт управления; 4 – верхняя опора стойки; 5 – гидростойка; 6 – захват гидростойки; 7 – листовые рессоры; 8 – опора гидростойки; 9 – рама; 10 – соединение со ставом конвейера  
**Рисунок 14.8 – Гидропередвижник штрекового конвейера**

#### **14.4 Устройство для перемещения людей по лаве**

Первые очистные комплексы, работающие на пластах мощностью в основном 0,9 – 1,1 м оснащались устройством для перемещения людей по лаве. Устройство разработано и поставлялось фирмой «Хемшайдт» (Германия). Устройство для перемещения людей по лаве входит в состав навесного оборудования забойного конвейера и представляет собой движущуюся по двум направляющим тележку для размещения на ней человека и небольшого груза (инструмент, режущие резцы для замены и др.). Направляющие, по которым перемещается тележка, укреплены на навесном оборудовании, а тележка располагается между забойным бортом навесного оборудования и рядом забойных стоек.

Внутри верхней и нижней трубчатых направляющих располагаются соответственно верхняя и нижняя ветви бесконечной цепи, которая в конце лавы охватывает звездочки. Одна из звездочек является приводной.

Вдоль каждой направляющей выполнен открытый паз, через него специальными захватами тележка может соединяться с верхней или нижней ветвями постоянно движущейся цепи. В зависимости от необходимости направления движения тележки, рабочий при помощи рукояти соединяет соответствующий захват с цепью. При этом тележка движется в заданном направлении. При прекращении воздействия на рукоять тележка останавливается. Грузоподъемность тележки – 150 кг. Скорость движения до 25 м/мин.

Практически горизонтальное расположение пластов позволило впервые в мировой практике в промышленных условиях механизировать операцию по перемещению людей в лаве при выемке тонких пластов. В конвейере фирмы «Лонг-Аэрдокс» частично использовано описанное выше устройство. На навесном оборудовании укреплены специальные направляющие для грузовой тележки (вагонетка для перевозки материалов). Тележка выполнена в виде открытого лотка, перемещаемого на колесах по продольным пазам специальных направляющих. Грузовая тележка перемещается под действием мускульной силы.

## II ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

### 2.1 Примерный перечень тем практических занятий

1. Изучение конструкции основных типов насосов и гидромоторов.
2. Изучение регулирующих устройств гидропривода.
3. Изучение конструкции отбойных молотков, определение характерных неполадок и их устранение.
4. Изучение конструкции перфоратора и бурового инструмента.
5. Изучение конструкции сверла и бурильного инструмента.
6. Ознакомление с устройством основных типов исполнительных органов выемочных машин и схемой набора резцов.
7. Ознакомление с различными видами резцов: РО-65, ЗР4-80, ИТ125С.
8. Изучение электрических механизмов подачи очистных комбайнов.
9. Изучение конструкции комбайна ESF-150L.
10. Изучение гидрокинематических и схем охлаждения очистных комбайнов SL-300 и SL-500.
11. Изучение конструкции комбайна механизма подачи и узла резания комбайна SL-500.
12. Определение производительности очистных комплексов.
13. Изучение конструкции основных узлов насосной станции СНН-200/32.
14. Изучение гидравлической схемы насосной СНН-150/30.
15. Изучение конструкции отдельных элементов секции крепи.
16. Изучение гидравлических схем отдельных типов крепей.
17. Изучение гидравлической схемы привода комбайна SL-300NE.
18. Изучение гидрокинематических схем привода основных узлов комбайна SL-300/400.
19. Изучение гидрокинематических схем привода комбайна SL-500.
20. Изучение гидрокинематических схем приводов комбайна SL-500S.
21. Изучение кинематических схем основных узлов комбайнов ПКС-8М (ПКС-8).
22. Изучение гидравлической схемы комбайна ПКС-8М (ПКС-8).
23. Изучение гидрокинематических схем приводов основных сборочных единиц комбайна УРАЛ-10А.
24. Изучение гидрокинематических схем приводов основных сборочных единиц комбайна УРАЛ-61.
25. Изучение гидрокинематических схем приводов основных сборочных единиц КИД-220М.

## III РАЗДЕЛ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

### 3.1 Перечень контрольных вопросов и заданий для самостоятельной работы студентов

1. Описать гидропривод и принцип работы гидропередачи.
2. Раскрыть назначение и принцип действия гидрозамка.
3. Описать классификацию и назначение горных машин.
4. Дать характеристику рабочей жидкости, применяемой в горной промышленности.
5. Объяснить назначение, конструкцию и принцип действия шестеренных насосов.
6. Объяснить назначение, конструкцию и принцип действия лопастных насосов.
7. Объяснить назначение, конструкцию и принцип действия поршневых насосов, достоинства и недостатки.
8. Описать классификацию и принцип работы силовых гидроцилиндров: достоинства и недостатки.
9. Объяснить назначение и конструкцию аппаратуры контроля гидравлики.
10. Объяснить принцип вращательного бурения, преимущества и недостатки.
11. Дать определение и объяснить конструктивные особенности гидроклапанов.
12. Дать определение и объяснить конструктивные особенности гидродросселей.
13. Объяснить устройство и назначение гидрораспределителей и гидравлических регуляторов.
14. Объяснить назначение, конструкцию и принцип действия пневматического отбойного молотка.
15. Объяснить назначение и классификацию шахтных бурильных установок.
16. Описать ударно-поворотный способ бурения.
17. Описать способы ударно-вращательного и вращательно-ударного бурения.
18. Описать назначение и классификацию горных сверл.
19. Описать буровой инструмент перфораторов.
20. Объяснить назначение и классификацию перфораторов.
21. Объяснить устройство и назначение ручного электрического сверла СЭР-19М.

22. Объяснить конструктивные особенности бурового инструмента СЭР-19М.
23. Описать вспомогательные приспособления для перфораторов.
24. Описать назначение и классификацию шахтных бурильных установок.
25. Описать основные узлы буровой установки СБУ-2МН.
26. Описать основные узлы бурового станка НКР-100МН.
27. Описать классификацию станков для бурения скважин на карьерах.
28. Описать основные узлы и объяснить принцип работы станка шарошечного бурения СБШ-250МН.
29. Объяснить правила эксплуатации и технического обслуживания бурильного.
30. Описать неисправности и способы их устранения при эксплуатации буровых машин.
31. Объяснить основные параметры буровых резцов для вращательного и вращательно-ударного бурения.
32. Описать основные узлы выемочных машин – узкозахватного очистного комбайна.
33. Объяснить требования к исполнительным органам выемочных комбайнов.
34. Описать конструкцию и объяснить принцип работы бароцепного исполнительного органа.
35. Описать и объяснить принцип работы шнекового исполнительного органа.
36. Описать буровые и барабанные исполнительные органы.
37. Объяснить назначение и конструктивные системы перемещения очистных комбайнов.
38. Объяснить основные требования к механизму перемещения очистных комбайнов.
39. Объяснить конструкцию и параметры резцов очистных комбайнов.
40. Описать гидравлический механизм перемещения очистных комбайнов.
41. Описать электрический механизм перемещения очистных комбайнов.
42. Описать силовое оборудование очистных комбайнов.
43. Требования безопасности при эксплуатации выемочных машин.
44. Перечислить основные узлы и описать технические характеристики очистного комбайна Электро-340.
45. Объяснить назначение и описать технические характеристики очистного комбайна SL-300NE.
46. Перечислить основные узлы и описать технические характеристики очистного комбайна SL-500S.
47. Описать техническое обслуживание комбайнов SL.

48. Перечислить состав оборудования комплекса SL-500S.
49. Описать принцип работы гидравлических машин объемного действия.
50. Описать назначения и основные узлы очистного комбайна SL-500S.
51. Описать назначение и основные узлы насосной станции AZ-2SH.
52. Классификация электродвигателей горных машин.
53. Описать конструкцию и область применения очистных комбайнов «Электро-340».
54. Классификация электродвигателей горных машин.
55. Описать назначение и основных узлов насосной станции СНТ-32.
56. Описать классификацию гидрокрепей.
57. Описать параметры и принцип работы механизированной гидрокрепи.
58. Описать состав оборудования проходческого комплекса ПКС-8М.
59. Определить производительность комбайна ПКС-8М.
60. Описать назначение и состав оборудования комплекса Урал-10А.
61. Описать назначения и состав оборудования комплекса Урал-61.
62. Описать конструкцию гидростойки механизированной крепи лавы.
63. Описать назначение и основные узлы комбайна ПКС-8М.
64. Описать состав оборудования комплекса SL-300NE.
65. Описать назначение и основные узлы комбайна Урал-10А.
66. Описать основные узлы проходческого комбайна Урал-61.
67. Описать требования к механизированной гидрокрепи.
68. Описать конструктивные составляющие секции гидрокрепи.
69. Описать назначение и конструктивные составляющие скребковых конвейеров.
70. Описать назначение и состав основных узлов оборудования самоходного вагона 5BC-15М.
71. Описать технические данные и кинематическую схему очистного комбайна SL-500S.
72. Описать назначение и основные узлы насосной станции СИП-150/30.
73. Описать неисправности секций гидрокрепи и способы их устранения.
74. Описать назначение и основные узлы очистного комбайна SL-300NE.
75. Описать порядок технического обслуживания комбайнов типа SL.
76. Описать конструкции и технические параметры секции механизированной крепи «К-8»
77. Описать конструктивные особенности исполнительного органа и механизма комбайна ESA-150L.
78. Описать систему охлаждения комбайна SL-300.
79. Описать назначение и устройство основных узлов комбайна КИД-220.

## IV ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

### 4.1 Основная литература

1. Дешковский, В.Н. Расчет показателей качества добытой рудной массы при подготовительных и очистных работах: методическое пособие для студентов специальности 1-51 02 01 «Разработка месторождений полезных ископаемых» направления 1-51 02 01-02 «Подземные горные работы» / В.Н. Дешковский. – Минск : БНТУ, 2012. – 53 с.
2. Егоров, П.В. Подземная разработка пластовых месторождений: практикум / П.В. Егоров. – М. : МГУ, 2002. – 217 с.
3. Казаченко, Г.В. Горные машины : учебное пособие : в 2 ч. / Г.В. Казаченко [и др.]; под общ. ред. В.Я. Прушака. – Минск : Вышэйшая школа, 2018. – Ч.1 : Основы теории. – 183 с.
4. Казаченко, Г.В. Горные машины : учебное пособие : в 2 ч. / Г.В. Казаченко [и др.]; под общ. ред. В.Я. Прушака. – Минск : Вышэйшая школа, 2018. – Ч.2 : Машины и комплексы для добычи полезных ископаемых. – 185 с.
5. Казаченко, Г.В. Горные машины и оборудование : учебно-методический комплекс для специальности 1-36 10 01 «Горные машины и оборудование» / Белорусский национальный технический университет, кафедра «Горные машины» // Г.В. Казаченко, Н.В. Кислов, Г.А. Басалай. – Минск : БНТУ, 2014. – 176 с.
6. Кологривко, А.А. Проведение и крепление подземных горных выработок : методическое пособие : в 3 ч. / А.А. Кологривко. – Минск : БГПА, 2001. – Ч.1 : Напряженно-деформированное состояние массива горных пород и горное давление. – 38 с.
7. Кологривко, А.А. Маркшейдерское дело. Подземные горные работы : учебное пособие / А.А. Кологривко. – Минск : БНТУ, 2018. – 412 с.
8. Кологривко, А.А. Проведение и крепление подземных горных выработок : методическое пособие : в 3 ч. / А.А. Кологривко. – Минск : БГПА, 2001. – Ч.3 : Проведение и крепление подземных горных выработок. – 111 с.
9. Красников, Ю.Д. Горные машины / Ю.Д. Красников, В.Я. Прушак, В.Я. Щерба. – Минск : Высшая школа, 2003. – 148 с.
10. Михеев, О.В. Подземная разработка пластовых месторождений. Теоретические и методические основы проведения практических занятий : учебное пособие / О.В. Михеев, В.Г. Виткалов, Г.И. Козовой, В.А. Атрушкевич. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Издательство Московского государственного горного университета, 2001. – 487 с.
11. Морев, А.Б. Горные машины для калийных рудников / А.Б. Морев, А.Д. Смычник, Г.В. Казаченко. – Минск : Интегралколиграф, 2009. – 544 с.

12. Пучков, Л.А. Подземная разработка месторождений полезных ископаемых : учебник для вузов : в 2 т. / Л.А. Пучков, Ю.А. Жежелевский. – М. : Горная книга. – 2013. –Т.2. – 720 с.

13. Смычник, А.Д. Технология и механизация горных работ на калийных рудниках Беларуси : учебное пособие / А.Д. Смычник, А.Б. Морев. – Минск : УП Технопринт, 2002. – 200 с.

14. Смычник, А.Д. Технология и механизация разработки калийных месторождений : учебное пособие для студентов специальности «Разработка месторождений полезных ископаемых» учреждений, обеспечивающих получение высшего образования / А.Д. Смычник. – 3-е изд., доп. и пер. – Минск : БНТУ, 2019. – 235 с.

15. Соловьев, В.А. Разработка калийных месторождений: практикум / В.А. Соловьев, А.И. Секунцов. – Пермь : Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2013. – 265 с.

16. Старков, Л.И. Развитие механизированной разработки калийных руд /Л.И. Старков, А.Н. Земсков, П.И. Кондрашев. – Пермь : Соликамск, 2007. – 519 с.

## **4.2 Дополнительная литература**

17. Бокий, Б.В. Технология и комплексная механизация проведения горных выработок : учебник для студентов вузов / Б.В. Бокий. – М. : Недра, 1972. – 335 с.

18. Бурчаков, А.С. Технология подземной разработки пластовых месторождений полезных ископаемых / А.С. Бурчаков, П.К. Гринько, А.Б. Ковальчук. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Недра, 1978. – 536 с.

19. Гетопанов, В.Н. Горные и транспортные машины и комплексы / В.Н. Гетопанов, Н.С. Гудилин, Л.И. Чугреев. – М. : Недра, 1991. – 303 с.

20. Грабчак, Л.Г. Горнопроходческие машины и комплексы : учебник для вузов / Л.Г. Грабчак [и др.]. – М. : Недра, 1990. – 336 с.

21. Зильбершмидт, В.Г. Технология подземной разработки калийных руд : учебник для студентов вузов / В.Г. Зильбершмидт, К.Г. Синепальников, Г.Д. Полянина, Г.И. Кравченко, Л.К. Потокин, П.А.Лыхин. – М. : Недра, 1977. – 287 с.

22. Калугин, П.А. Горные машины фирмы «Айкхофф» на калийных рудниках Беларуси / П.А. Калугин, А.Б. Морев. – Минск, 1993. – 110 с.

23. Клорикъян, С.Х. Машины и оборудование для шахт и рудников : справочник / С.Х. Клорикъян. – 7-е изд. – М. : МГУ, 2002. – 471 с.

24. Красников, Ю.Д. Горные машины : учебное пособие / Ю.Д. Красников, В.Я. Прушак, В.Я. Щерба. – Минск : Высшая школа, 2003. – 148 с.

25. Мельников, Н.И. Проведение и крепление горных выработок : учебник для техникумов / Н.И. Мельников. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Недра, 1988. – 336 с.

26. Петровский, Б.И. Подземные горные работы : учебное пособие для студентов специальности 1-51 02 01 «Разработка месторождений полезных ископаемых» / Б.И. Петровский. – Солигорск, 2019. – 147 с.

27. Петровский, Б.И. Подземные горные работы : учебно-методическое пособие по курсовому проектированию для студентов специальности 1-51 02 01 «Разработка месторождений полезных ископаемых» / Б.И. Петровский. – Солигорск, 2019. – 36 с.

28. Петровский, Б.И. Практические занятия для студентов специальности 1-51 02 01 «Разработка месторождений полезных ископаемых» / Б.И. Петровский. – Солигорск, 2015. – 35 с.

#### **4.3 Нормативные правовые акты, технические нормативные правовые акты**

29. Инструкция по охране и креплению горных выработок на Старобинском месторождении калийных солей : утв. гл. инженером ОАО «Беларуськалий». – Солигорск – Минск, 2018. – 195 с.

30. Инструкция по применению систем разработки на Старобинском месторождении : утв. гл. инженером ОАО «Беларуськалий». – Солигорск – Минск, 2018. – 146 с.

31. Инструкция по расчету количества воздуха для проведения рудников Старобинского месторождения. – Солигорск – Пермь, 2018. – 95 с.

32. Кодекс Республики Беларусь о недрах [Электронный ресурс] : 14 июля 2008 г., № 406-3 : принят Палатой представителей 10 июня 2008 г. : одобр. Советом Респ. 20 июня 2008 г. : в ред. Закона Респ. Беларусь от 15 февр. 2022 г. // Законодательство Республики Беларусь / Нац. Центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск : Дикта.

33. Нормативные и методические документы по ведению горных работ на Старобинском месторождении калийных солей : утв. БелХИМНЕФТЕПРОМОм 23 ноября 1995 г. – Солигорск – Минск : Слуцкая укрупненная типография, 1995. – 214 с.

34. Правила по обеспечению промышленной безопасности при проходке стволов (рудников, шахт) специальными способами : утв. Пост. МЧС Республики Беларусь 21 мая 2015 № 26 : в ред. постановления МЧС от 12 дек. 2016 №71, от 23 февр. 2018 № 9.

35. Правила по обеспечению промышленной безопасности при разработке подземным способом соляных месторождений Республики Беларусь : утв. Пост. МЧС Республики Беларусь 30 августа 2012 № 45 : в ред. постановлений МЧС от 10 апр. 2014 №10, от 19 окт. 2014 №34, от 23 марта 2017 №7. / Нац. правовой Интернет-портал Респ. Беларусь. – Минск.