МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Самарский государственный технический университет»
(ФГБОУ ВО «СамГТУ»)

УТВЕРЖДАЮ:
Проректор по учебной работе
_____ / О.В. Юсупова
"_____" _____ 20___ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.В.13 «Горные машины и проведение горных выработок»

Код и направление подготовки (специальность)	21.05.02 Прикладная геология
Направленность (профиль)	Геология месторождений нефти и газа
Квалификация	Горный инженер-геолог
Форма обучения	Заочная
Год начала подготовки	2022
Институт / факультет	Институт нефтегазовых технологий (ИНГТ)
Выпускающая кафедра	кафедра "Геология и физические процессы нефтегазового производства"
Кафедра-разработчик	кафедра "Бурение нефтяных и газовых скважин"
Объем дисциплины, ч. / з.е.	108 / 3
Форма контроля (промежуточная аттестация)	Экзамен

Самара 2022

Б1.В.13 «Горные машины и проведение горных выработок»

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки (специальности) **21.05.02 Прикладная геология**, утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от № 953 от 12.08.2020 и соответствующего учебного плана.

Разработчик РПД:

Доцент, кандидат технических наук (должность, степень, ученое звание)	П.А Гаранин (ФИО)
Заведующий кафедрой	В.В. Живаева, кандидат технических наук, доцент (ФИО, степень, ученое звание)

СОГЛАСОВАНО:

Председатель методического совета факультета / института (или учебно-методической комиссии)	А.Ю Чуркина, кандидат химических наук, доцент (ФИО, степень, ученое звание)
Руководитель образовательной программы	А.М. Штеренберг, доктор физико-математических наук, профессор (ФИО, степень, ученое звание)
Заведующий выпускающей кафедрой	А.М. Штеренберг, доктор физико-математических наук, профессор (ФИО, степень, ученое звание)

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы 4
2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы 4
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся 5
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам), с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий 5
4.1 Содержание лекционных занятий 6
4.2 Содержание лабораторных занятий 6
4.3 Содержание практических занятий 6
4.4. Содержание самостоятельной работы 6
5. Перечень учебной литературы и учебно-методического обеспечения по дисциплине (модулю) 6
6. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения 7
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», профессиональных баз данных, информационно-справочных систем 7
8. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю) 8
9. Методические материалы 9
10. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) 10

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Наименование категории (группы) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения (знать, уметь, владеть, соотнесенные с индикаторами достижения компетенции)
Профессиональные компетенции			
Не предусмотрено	ПК-1 Способен организовывать и управлять процессом исследования физических свойств полезных ископаемых, горных пород и руд; геолого-промысловых и генетических типов нефтегазовых месторождений, а также процессом цифровой обработки полученных петрофизических данных	ПК-1.1 Применяет основные методы и приемы при исследовании физических свойств полезных ископаемых, горных пород и руд, геолого-промысловых и генетических типов нефтегазовых месторождений	
		ПК-1.2 Организовывает и управляет процессом исследования физических свойств полезных ископаемых, горных пород и руд	
		ПК-1.3 Организовывает и управляет процессом цифровой обработки петрофизических данных	

2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы: **часть, формируемая участниками образовательных отношений**

Код компетенции	Предшествующие дисциплины	Параллельно осваиваемые дисциплины	Последующие дисциплины

ПК-1	Компьютерно-графические методы в прикладной геологии; Компьютерные базы геологических данных; Кристаллография и минералогия; Литология; Основы гидрогеологии; Петрография; Химия нефти и газа	Геология и геохимия нефти и газа; Основы инженерной геологии; Основы учения о полезных ископаемых; Подземная гидромеханика; Практико-ориентированный проект; Физико-химические методы исследования продуктивных отложений	Геология и нефтегазоносность морей; Дополнительные методы геологических исследований при поисках нефти и газа; Подготовка к процедуре защиты и процедура защиты выпускной квалификационной работы; Производственная практика: полевая геофизическая практика; Производственная практика: практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности; Производственная практика: практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности; Производственная практика: преддипломная практика; Экономика и организация геологоразведочных работ

3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Вид учебной работы	Всего часов / часов в электронной форме	7 семестр часов / часов в электронной форме
Аудиторная контактная работа (всего), в том числе:	6	6
Лекции	2	2
Практические занятия	4	4
Внеаудиторная контактная работа, КСР	3	3
Контроль	9	9
Итого: час	108	108
Итого: з.е.	3	3

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам), с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

№ раздела	Наименование раздела дисциплины	Виды учебной нагрузки и их трудоемкость, часы				
		ЛЗ	ЛР	ПЗ	СРС	Всего часов

1	Общие сведения о горных выработках	2	0	4	12	18
2	Механические и технологические свойства пород. Технологические процессы в горных работах	10	0	8	10	28
3	Технология и механизация горных машин	4	0	4	15	23
	КСР	0	0	0	0	3
	Контроль	0	0	0	0	9
	Итого	16	0	16	37	81

4.1 Содержание лекционных занятий

Учебные занятия не реализуются.

4.2 Содержание лабораторных занятий

Учебные занятия не реализуются.

4.3 Содержание практических занятий

Учебные занятия не реализуются.

4.4. Содержание самостоятельной работы

Учебные занятия не реализуются.

5. Перечень учебной литературы и учебно-методического обеспечения по дисциплине (модулю)

№ п/п	**Библиографическое описание**	**Ресурс НТБ СамГТУ** (ЭБС СамГТУ, IPRbooks и т.д.)
Основная литература		
1	Горные машины и проведение горно-разведочных выработок; Томский политехнический университет, 2014.- Режим доступа: https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu||iprbooks||34660	Электронный ресурс
2	Проведение горноразведочных выработок; Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2012.- Режим доступа: https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu||iprbooks||21644	Электронный ресурс
3	Технология проведения горно-разведочных выработок; Томский политехнический университет, 2015.- Режим доступа: https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu||iprbooks||34725	Электронный ресурс
Дополнительная литература		
4	Грабчак, Л.Г. Транспорт при геологоразведочных работах : [Учеб.] / Л.Г.Грабчак,С.А.Брылов,В.А.Федорченко.- М., Недра, 1992.- 207 с.	Электронный ресурс

Доступ обучающихся к ЭР НТБ СамГТУ (elib.samgtu.ru) осуществляется посредством электронной информационной образовательной среды университета и сайта НТБ СамГТУ по логину и паролю.

6. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения

Организовано взаимодействие обучающегося и преподавателя с использованием электронной ин-формационной образовательной среды университета.

№ п/п	Наименование	Производитель	Способ распространения
1	Microsoft Office 2007 Open License Academic	Microsoft (Зарубежный)	Лицензионное
2	Microsoft Windows XP Professional операционная система	Microsoft (Зарубежный)	Лицензионное

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», профессиональных баз данных, информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование	Краткое описание	Режим доступа
1	Электронная нефтегазовая библиотека им. Губкина	http://elib.gubkin.ru	Ресурсы открытого доступа
2	Журнал «Бурение и нефть»	http://burneft.ru/archive/issues	Ресурсы открытого доступа
3	Электронная библиотека технической литературы «Нефть и газ».	http://oglibrary.ru	Ресурсы открытого доступа
4	"Электронный журнал Нефтегазовое дело"	http://ogbus.ru	Ресурсы открытого доступа
5	ScienceDirect (Elsevier) - естественные науки, техника, медицина и общественные науки.	http://www.sciencedirect.com/	Зарубежные базы данных ограниченного доступа
6	Scopus - база данных рефератов и цитирования	http://www.scopus.com/	Зарубежные базы данных ограниченного доступа
7	Электронная библиотека "Наука и техника"	http://n-t.ru/	Ресурсы открытого доступа
8	Электронная библиотека трудов сотрудников СамГТУ	http://lib.samgtu.ru	Ресурсы открытого доступа
9	Электронно-библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru/	Российские базы данных ограниченного доступа
10	Научный журнал "Нефтяное хозяйство"	http://www.oil-industry.ru/	Ресурсы открытого доступа
11	Журнал "Нефтегазовая вертикаль"	http://www.ngv.ru/	Ресурсы открытого доступа
12	Журнал Вестник СамГТУ. Серия «Технические науки».	http://vestnik-teh.samgtu.ru/	Ресурсы открытого доступа

13	ТехЛит.ру	http://www.tehlit.ru/	Ресурсы открытого доступа
14	eLIBRARY.ru	http://www.eLIBRARY.ru/	Российские базы данных ограниченного доступа
15	Электронная библиотека учебников	http://studentam.net/	Ресурсы открытого доступа
16	Журнал "Нефтегазовая вертикаль"	http://www.ngv.ru/	Ресурсы открытого доступа
17	Научный журнал "Нефтяное хозяйство"	http://www.oil-industry.ru/	Ресурсы открытого доступа
18	eLIBRARY.ru	http://www.eLIBRARY.ru/	Российские базы данных ограниченного доступа
19	Электронная библиотека трудов сотрудников СамГТУ	http://lib.samgtu.ru	Ресурсы открытого доступа
20	Электронная библиотека учебников	http://studentam.net/	Ресурсы открытого доступа

8. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Лекционные занятия

Лекционные занятия:

- комплект электронных презентаций/слайдов,
- аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер)

Практические занятия

Практические занятия:

- компьютерный класс на 16 посадочных мест
- презентационная техника (проектор, экран, компьютер),
- пакеты ПО общего назначения (текстовые редакторы, графические редакторы),

специализированное ПО: ANSYS (универсальная программная система конечного элементного анализа), MatLab (математическое моделирование).

Самостоятельная работа

Аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук), программное обеспечение: (Power Point, MS Excel, MS Word), и учебной мебелью: столы, стулья для членов ГЭК и для обучающихся.

При подготовке обучающийся может пользоваться помещениями для самостоятельной работы, оснащенными компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и доступом к электронной информационно-образовательной среде СамГТУ:

- читальный зал НТБ СамГТУ (ауд. 200 корпус № 8; ауд. 125 корпус № 1; ауд. 41, 31, 34, 35 Главный корпус библиотеки; ауд. 83а, 414, 416, 0209 АСА СамГТУ; ауд. 401 корпус №10).

9. Методические материалы

Методические рекомендации при работе на лекции

До лекции студент должен просмотреть учебно-методическую и научную литературу по теме лекции с тем, чтобы иметь представление о проблемах, которые будут разбираться в лекции.

Перед началом лекции обучающимся сообщается тема лекции, план, вопросы, подлежащие рассмотрению, доводятся основные литературные источники. Весь учебный материал, сообщаемый преподавателем, должен не просто прослушиваться. Он должен быть активно воспринят, т.е. услышан, осмыслен, понят, зафиксирован на бумаге и закреплен в памяти. Приступая к слушанию нового учебного материала, полезно мысленно установить его связь с ранее изученным. Следя за техникой чтения лекции (акцент на существенном, повышение тона, изменение ритма, пауза и т.п.), необходимо вслед за преподавателем уметь выделять основные категории, законы и определять их содержание, проблемы, предполагать их возможные решения, доказательства и выводы. Осуществляя такую работу, можно значительно облегчить себе понимание учебного материала, его конспектирование и дальнейшее изучение.

Конспектирование лекции позволяет обработать, систематизировать и лучше сохранить полученную информацию с тем, чтобы в будущем можно было восстановить в памяти основные, содержательные моменты. Типичная ошибка, совершаемая обучающимся, дословное конспектирование речи преподавателя. Как правило, при записи «слово в слово» не остается времени на обдумывание, анализ и синтез информации. Отбирая нужную информацию, главные мысли, проблемы, решения и выводы, необходимо сокращать текст, строить его таким образом, чтобы потом можно было легко в нем разобраться. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых можно будет делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. С окончанием лекции работа над конспектом не может считаться завершенной. Нужно еще восстановить отдельные места, проверить, все ли понятно, уточнить что-то на консультации и т.п. с тем, чтобы конспект мог быть использован в процессе подготовки к практическим занятиям, зачету, экзамену. Конспект лекции – незаменимый учебный документ, необходимый для самостоятельной работы.

Методические рекомендации при подготовке и работе на практическом занятии

Практические занятия по дисциплине проводятся в целях выработки практических умений и приобретения навыков в решении профессиональных задач.

Рекомендуется следующая схема подготовки к практическому занятию:

1. ознакомление с планом практического занятия, который отражает содержание предложенной темы;
2. проработка конспекта лекции;
3. чтение рекомендованной литературы;
4. подготовка ответов на вопросы плана практического занятия;
5. выполнение тестовых заданий, задач и др.

Подготовка обучающегося к практическому занятию производится по вопросам, разработанным для каждой темы практических занятий и (или) лекций. В процессе подготовки к практическим занятиям, необходимо обратить особое внимание на самостоятельное изучение рекомендованной литературы.

Работа студентов во время практического занятия осуществляется на основе заданий, которые выдаются обучающимся в начале или во время занятия. На практических занятиях приветствуется активное участие в обсуждении конкретных ситуаций, способность на основе полученных знаний находить наиболее эффективные решения поставленных проблем, уметь находить полезный дополнительный материал по тематике занятий. Обучающимся необходимо обращать внимание на основные понятия, алгоритмы, определять практическую значимость рассматриваемых вопросов. На практических занятиях обучающиеся должны уметь выполнить расчет по заданным параметрам или выработать определенные решения по обозначенной проблеме. Задания могут быть групповые и

индивидуальные. В зависимости от сложности предлагаемых заданий, целей занятия, общей подготовки обучающихся преподаватель может подсказать обучающимся алгоритм решения или первое действие, или указать общее направление рассуждений. Полученные результаты обсуждаются с позиций их адекватности или эффективности в рассмотренной ситуации.

Методические рекомендации по выполнению самостоятельной работы

Организация самостоятельной работы обучающихся ориентируется на активные методы овладения знаниями, развитие творческих способностей, переход от поточного к индивидуализированному обучению с учетом потребностей и возможностей обучающегося.

Самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной литературой, материалами периодических изданий и Интернета является наиболее эффективным методом получения дополнительных знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала. Все новые понятия по изучаемой теме необходимо выучить наизусть и внести в глоссарий, который целесообразно вести с самого начала изучения курса.

Самостоятельная работа реализуется:

- непосредственно в процессе аудиторных занятий;
- на лекциях, практических занятиях;
- в контакте с преподавателем вне рамок расписания;
- на консультациях по учебным вопросам, в ходе творческих контактов, при ликвидации задолженностей, при выполнении индивидуальных заданий и т.д.;
- в библиотеке, дома, на кафедре при выполнении обучающимся учебных и практических задач.

Эффективным средством осуществления обучающимся самостоятельной работы является электронная информационно-образовательная среда университета, которая обеспечивает доступ к учебным планам, рабочим программам дисциплин (модулей), практик, к изданиям электронных библиотечных систем.

10. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

Фонд оценочных средств представлен в приложении № 1.

Приложение 1 к рабочей программе дисциплины

Б1.В.13 «Горные машины и проведение горных выработок»

Фонд оценочных средств
по дисциплине
Б1.В.13 «Горные машины и проведение горных выработок»

Код и направление подготовки (специальность)	21.05.02 Прикладная геология
Направленность (профиль)	Геология месторождений нефти и газа
Квалификация	Горный инженер-геолог
Форма обучения	Заочная
Год начала подготовки	2022
Институт / факультет	Институт нефтегазовых технологий (ИНГТ)
Выпускающая кафедра	кафедра "Геология и физические процессы нефтегазового производства"
Кафедра-разработчик	кафедра "Бурение нефтяных и газовых скважин"
Объем дисциплины, ч. / з.е.	108 / 3
Форма контроля (промежуточная аттестация)	Экзамен

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Наименование категории (группы) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения (знать, уметь, владеть, соотнесенные с индикаторами достижения компетенции)
Профессиональные компетенции			
Не предусмотрено	ПК-1 Способен организовывать и управлять процессом исследования физических свойств полезных ископаемых, горных пород и руд; геолого-промысловых и генетических типов нефтегазовых месторождений, а также процессом цифровой обработки полученных петрофизических данных	ПК-1.1 Применяет основные методы и приемы при исследовании физических свойств полезных ископаемых, горных пород и руд, геолого-промысловых и генетических типов нефтегазовых месторождений	
		ПК-1.2 Организовывает и управляет процессом исследования физических свойств полезных ископаемых, горных пород и руд	
		ПК-1.3 Организовывает и управляет процессом цифровой обработки петрофизических данных	

Матрица соответствия оценочных средств запланированным результатам обучения

Код индикатора достижения компетенции	Результаты обучения	Оценочные средства	Текущий контроль успеваемости	Промежуточная аттестация
Общие сведения о горных выработках				

ПК-1.1 Применяет основные методы и приемы при исследовании физических свойств полезных ископаемых, горных пород и руд, геолого-промысловых и генетических типов нефтегазовых месторождений				
ПК-1.2 Организовывает и управляет процессом исследования физических свойств полезных ископаемых, горных пород и руд				
ПК-1.3 Организовывает и управляет процессом цифровой обработки петрофизических данных				
Механические и технологические свойства пород. Технологические процессы в горных работах				
ПК-1.1 Применяет основные методы и приемы при исследовании физических свойств полезных ископаемых, горных пород и руд, геолого-промысловых и генетических типов нефтегазовых месторождений				
ПК-1.2 Организовывает и управляет процессом исследования физических свойств полезных ископаемых, горных пород и руд				
ПК-1.3 Организовывает и управляет процессом цифровой обработки петрофизических данных				
Технология и механизация горных машин				
ПК-1.1 Применяет основные методы и приемы при исследовании физических свойств полезных ископаемых, горных пород и руд, геолого-промысловых и генетических типов нефтегазовых месторождений				
ПК-1.2 Организовывает и управляет процессом исследования физических свойств полезных ископаемых, горных пород и руд				
ПК-1.3 Организовывает и управляет процессом цифровой обработки петрофизических данных				

Вопросы к экзамену по дисциплине

«Горные машины и проведение горных выработок»

1. Общие сведения о проектировании разведочных выработок.

2. Условия выбора сечений выработки и типа крепи.

3. Типовые сечения выработок.

4. Схемы проведения подземных горизонтальных выработок буро-взрывным способом.

5. Схемы проведения подземных наклонных выработок буро-взрывным способом.

6. Схемы проведения подземных выработок комбайновым способом.

7. Схемы проведения открытых выработок.

8. Классификация бурильных машин.

9. Бурильные машины вращательного действия для бурения шпуров.

10. Инструмент бурильных машин.

11. Бурильные машины ударно-поворотного действия для бурения шпуров и скважин.

12. Инструмент бурильных машин.

13. Бурильные машины ударно-вращательного действия для бурения скважин.

14. Инструмент бурильных машин.

15. Установки шахтные бурильные (УБШ). Инструмент УБШ.

16. Буровые станки вращательного действия для бурения скважин.

17. Инструмент буровых станков.

18. Буровые станки шарошечного бурения скважин.

19. Инструмент буровых станков.

20. Классификация проходческих комбайнов.

21. Исполнительные органы проходческих комбайнов.

22. Погрузочные органы проходческих комбайнов.

23. Ходовое оборудование проходческих комбайнов.

24. Проходческие комбайны избирательного действия.

25. Проходческие комплексы для проведения горизонтальных и наклонных горных выработок.

26. Классификация оборудования, применяемого на открытых горных работах.

27. Классификация карьерных буровых станков.

28. Зарубежные буровые станки.

29. Общая схема устройства буровых станков.

30. Основные узлы буровых станков.

31. Инструмент для станков ударно-вращательного (пневмоударного) бурения.

32. Инструмент для станков вращательного бурения шарошечными долотами.

33. Инструмент для станков вращательного бурения режущими долотами со шнековой очисткой скважин.

34. Комбинированный буровой инструмент.

35. Станки ударно-вращательного бурения погружными пневмоударниками.

36. Станки вращательного бурения резцовыми долотами.

37. Станки вращательного бурения шарошечными долотами.

38. Классификация экскаваторов.

39. Конструктивные схемы одноковшовых экскаваторов.

40. Зарубежные экскаваторы.

41. Механическая прямая напорная лопата.

42. Гидравлический экскаватор (прямая и обратная лопаты).

КЫРГЫЗСКО-РОССИЙСКИЙ СЛАВЯНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ЕСТЕСТВЕННО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра «Физические процессы горного производства»

КУРС ЛЕКЦИЙ

по дисциплине
«Горные машины и оборудование»

Издательство Кыргызско-Российского
Славянского университета

Лекция 1

ВВЕДЕНИЕ. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ГОРНЫХ МАШИН

Увеличение объемов добычи различных полезных ископаемых на основе всемерного роста производительности труда рабочих горных предприятий – непременное условие интенсификации экономического развития предприятий и различных горнодобывающих отраслей страны. Выполнение его теснейшим образом связано с оснащением предприятий современной высокопроизводительной и надежной горной техникой.

Горные предприятия используют большую номенклатуру машин различного функционального назначения, которые относят к следующим группам: собственно горные машины, предназначенные для добычи полезных ископаемых и проведения горных выработок, горно-транспортные машины и стационарные машины.

Широкая вариация физико-механических свойств, условия залегания полезных ископаемых и горных пород, наличие подземного и открытого способов добычи предопределили многообразие конструктивных типов машин в пределах каждой группы.

Горные машины подразделяют на машины, производящие разрушение полезных ископаемых и пород, их погрузку (навалку) на транспортные средства, выдающие полезное ископаемое или породу за пределы очистного или проходческого забоя, а также осуществляющие крепление в подземных условиях очистных и проходческих выработок.

В связи с выполняемыми функциями различают: бурильные машины, выемочные (добычные и проходческие) горные машины, погрузочные машины и крепи (индивидуальные и механизированные).

К выемочным горным машинам относятся очистные и проходческие комбайны, угольные струги, одно- и многоковшовые экскаваторы, бульдозеры, скреперы, гидромониторы, земснаряды и драги.

Большинство указанных машин – комбинированные, производящие не только разрушение полезных ископаемых и пород, но также и их погрузку на транспортные средства. При этом указанные операции могут выполняться последовательно (буропогрузочные машины и одно-

ковшовые экскаваторы) или, что более прогрессивно, совмещаться во времени (очистные и проходческие комбайны, угольные струги, многоковшовые экскаваторы, земснаряды, драги).

Ряд горных машин производят не только разрушение, но и транспортирование или погрузку и транспортирование горной массы на значительные расстояния (бульдозеры, скреперы, погрузочно-транспортные машины).

Наибольшую производительность при добыче полезных ископаемых и проведении горных выработок (вскрышных работ при открытой добыче полезных ископаемых) обеспечивает комплексное использование машин различного функционального назначения, увязанных конструктивными и режимными параметрами и одновременно вы полняющих свои рабочие функции по механизации основных и вспомогательных операций технологического процесса добычи полезного ископаемого (проведения горной выработки).

На угольных шахтах широкое применение получили очистные комбайновые и струговые комплексы, имеющие в своем составе очистной узкозахватный комбайн или угольный струг, доставочную машину (забойный скребковый конвейер) и гидрофицированную механизированную крепь. На открытых горных работах используют комплексы машин непрерывного действия, имеющие в своем составе мощные многоковшовые (роторные) экскаваторы и ленточные магистральные конвейеры.

В СНГ впервые в мире созданы угледобывающие агрегаты для выемки угля без постоянного присутствия людей в очистном забое. В агрегатах осуществляется более жесткая, чем в комплексах, конструктивная увязка отдельных функциональных органов, что делает их работу более организованной, сокращает число операций очистного забойного оборудования и упрощает процесс его автоматизации.

Горные транспортные машины, выполняющие объемы работ по выдаче на поверхность из подземного пространства или за пределы карьера (в том числе в отвал, расположенный в зоне выработанного пространства карьера) полезных ископаемых и пород, включают номенклатуру машин единого функционального назначения, но отличающихся весьма существенно по конструкции и принципу действия.

К таким машинам относятся различные средства конвейерного транспорта (скребковые, ленточные, ленточно-цепные и пластинчатые конвейеры), средства рельсового транспорта (локомотивы, вагонетки, большегрузные вагоны), самоходные вагонетки, большегрузные автосамосвалы, средства канатного и трубопроводного транспорта.

Для откачивания воды из горных выработок, подачи воздуха в подземные выработки и вентиляции глубоких карьеров применяют раз-

личные конструктивные типы насосов и вентиляторов. На горных предприятиях, где работают машины, использующие энергию сжатого воздуха, применяют различные конструктивные типы компрессоров.

Насосы, вентиляторы, компрессоры, а также машины и оборудование шахтного подъема составляют группу машин, называемых стационарными.

Все выше перечисленные группы машин, работающих на горных предприятиях, а в большинстве случаев и машины, относящиеся к одной группе, имеют не только различные основополагающие принципы и теоретические предпосылки обоснования и выбора их основных конструктивных и режимных параметров, но и отличаются многообразием конструктивных решений, поэтому в данной книге, предназначенной для учащихся средних специальных заведений, обучающихся по специальности «Горное машиностроение» даны основы классификации, изложены принципы действия и особенности конструкций: бурильных машин и установок, горных машин и комплексов для подземной добычи полезных ископаемых, горнопроходческих машин и комплексов, горных машин и комплексов для открытой добычи полезных ископаемых, средств гидромеханизации горных работ, горно-транспортных машин, машин шахтного водоотлива, вентиляции и компрессорных установок, шахтного подъема. Показана область применения различных машин, достаточно полно даны их основные технические данные, изложены методы оценки производительности различной горной техники. Отражены наиболее прогрессивные конструкторские решения, используемые при создании горных машин.

Лекция 2

БУРИЛЬНЫЕ МАШИНЫ И УСТАНОВКИ. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О БУРЕНИИ

Интенсивное развитие техники буровых работ началось во второй половине XIX в. с появлением машинного бурения. В 1857 г. была сконструирована первая пневматическая бурильная машина, а в 1859 г. пробурена первая нефтяная скважина паровым станком проф. Г.Д. Романовского. В 1862 г. начинается бурение скважин алмазными коронками и в 1899 г. – дробью.

Только после Великой Октябрьской социалистической революции с бурным ростом горнодобывающей промышленности начинается широкое внедрение машинного бурения шпуров и скважин.

В 1923 г. в СССР создается турбобур чл.-корр. АН СССР М.А. Капелюшникова и затем электробур А.П. Островского и Н.В. Александрова, а в 1939 г. – высокочастотный перфоратор. В конце 20-х годов широкое применение на карьерах Урала и Днепростроя получают станки канатно-ударного бурения и с 1940 г. на угольных карьерах – станки вращательного бурения.

В настоящее время вскрытие месторождений и другие работы по добыче полезных ископаемых, связанные со взрывным способом разрушения, который наиболее эффективен в породах повышенной крепости, обычно основаны на бурении шпуров и скважин машинным способом.

Шпурами принято называть цилиндрические углубления в горной породе глубиной до 5 м при диаметре до 75 мм. Шпуры большого диаметра (до 250-300 мм) называют скважинами, а при длине, большей 5 м, – глубокими скважинами.

Горные машины, предназначенные для бурения шпуров и скважин, называют бурильными машинами. Бурильные машины по области применения могут быть для открытых и подземных работ; по назначению – машины для бурения шпуров и для бурения скважин; по роду потребляемой энергии – пневматические, электрические, гидравлические, термические и комбинированные; и по способу разрушения горной породы подразделяются на широко применяемые в настоящее время машины с механическим (непосредственным) воздействием разрушающего инструмента на породу и со специальными физическими методами воздействия.

Бурильные машины с механическим воздействием разрушающего инструмента на породу подразделяют по способу бурения на машины вращательные, ударные, ударно-вращательные и вращательно-ударные.

К новым физическим методам воздействия относят огневое (термическое), электрофизическое, ультразвуковое, высокочастотное и другие виды бурения.

При вращательном бурении порода разрушается спиральными слоями под действием резцов, которые одновременно вдавливаются в породу значительными осевыми усилиями и вращаются вокруг оси шпура или скважины. Вращательный режим бурения применяют в основном для пород слабых и средней крепости ($f \leq 8$) и используют в таких бурильных машинах, как горные сверла – для бурения шпуров глубиной до 405 м при диаметре 40-45 мм; станки глубокого бурения – для буре-

ния скважин глубиной до 100 м и диаметром до 100 мм и гезенко-бурильные и буросбоечные машины – для бурения скважин глубиной до 150 м при диаметре, достигающем 1000-1500 мм.

При ударном способе бурения порода разрушается под воздействием ударов по инструменту, выполненному в виде клина, который после каждого удара отскакивает от забоя и поворачивается на некоторый угол для нанесения удара по новому месту на забое. Ударный способ применяется в перфораторах для бурения по породам с $f = 6 \div 20$ и выше. С помощью перфораторов бурят шпуры и скважины в подземных условиях и на поверхности глубиной до 5 м и более и диаметром до 150 мм.

Ударно-вращательное бурение характеризуется такими же параметрами, как и ударное, однако в отличие от него, удар наносится по непрерывно вращающемуся буровому инструменту. Этот способ бурения применяется для бурения скважин диаметром до 150 мм и глубиной до 100 м в крепких породах (с коэффициентом крепости $f = 6 \div 20$) тяжелыми бурильными машинами и буровыми агрегатами.

При вращательно-ударном способе бурения к породоразрущающему инструменту прикладываются значительные осевое усилие, крутящий момент и ударные импульсы.

Вращательно-ударное бурение наиболее эффективно для бурения шпуров и скважин диаметром до 100 мм в породах с коэффициентом крепости $f = 6 \div 12$ тяжелыми бурильными машинами.

Физические способы разрушения горной породы относятся к новым методам бурения и в настоящее время находятся в процессе исследований, промышленных экспериментов и внедрения отдельных типов машин. Из физических горных пород наиболее широкое распространение способов разрушения получило термическое бурение, с помощью которого прожигаются скважины глубиной до 25-30 м и диаметром до 250 мм на открытых горных работах.

Из электрофизических способов разрушения породы наиболее известны: ультразвуковой, электроимпульсный и высокочастотный.

При ультразвуковом способе горная порода разрушается за счет высокочастотных колебаний, которые создаются магнитострикционным вибратором.

В основе электроимпульсного способа лежит использование электрогидравлического эффекта, который позволяет превращать энергию электрического разряда в механическую.

При высокочастотном способе разрушения создаются электрические или магнитные поля высокой частоты, под действием которых горная порода нагревается и растрескивается с отделением тонких чешуек.

Лекция 3

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГОРНЫХ ПОРОД

Основные свойства горных пород можно подразделить на следующие две группы:

1. Физические свойства – плотность, пористость, влагоемкость, теплопроводность, проводимость звука электрического тока и др.
2. Механические свойства – прочность, упругость, пластичность, крепость, твердость, контактная прочность, абразивность.

Наибольшее влияние на конструкцию бурильных и горных машин оказывают механические свойства горных пород. Прочность – одно из основных механических свойств горных пород, она характеризует их способность в определенных условиях воспринимать те или иные силовые воздействия, не разрушаясь. Критериями прочности являются временные сопротивления одноосному сжатию ($\sigma_{сж}$), растяжению ($\sigma_р$), сдвигу (τ). Наибольшее сопротивление горные породы оказывают сжатию, меньшее – сдвигу и наименьшее растяжению.

Между временными сопротивлениями пород сжатию, сдвигу и растяжению имеют место следующие соотношения (временное сопротивление одноосному сжатию принято за единицу): $\tau = (0{,}1 \div 0{,}4)\ \sigma_{сж}$; $\sigma_р = (0{,}03 \div 0{,}1)\ \sigma_{сж}$.

Упругость – свойство горной породы восстанавливать свои первоначальные форму и объем по прекращению действия внешних сил. Упругие свойства характеризуются модулем упругости и коэффициентом Пуассона.

Пластичность в противоположность упругости – свойство породы сохранять остаточную деформацию после прекращения действия внешних сил.

Крепость – способность породы сопротивляться разрушению от действия внешних сил при различных технологических процессах разру-

шения (бурение, резание, взрывание и др.). Крепость зависит от прочности, твердости, вязкости, упругости, минералогического состава и структуры породы, трещиноватости и других факторов. Впервые необходимость совокупной количественной оценки сопротивляемости пород разрушению для целей ведения горных работ была обоснована проф. М.М. Протодьяконовым (старшим), создавшим известную шкалу относительной крепости горных пород. За единицу крепости (f=1) была выбрана порода с временным сопротивлением одноосному сжатию, равным 10 МПа, при раздавливании на прессе породного кубика; а все горные породы разделены на десять категорий: с коэффициентом крепости от f=20 для первой категории (наиболее крепкие, плотные и вязкие кварциты и базальты и др.) до f=0,3 для десятой категории (плывуны, разжиженный грунт и др.). *Коэффициент относительной крепости* f есть интегральная характеристика прочностных свойств горных пород.

Были предложены и другие методы количественной оценки сопротивляемости пород разрушению, более соответствующие конкретным способам их механического разрушения. Для нормирования буровых работ используют шкалу буримости горных пород, под которой понимается обычно степень трудности их разрушения (скорость бурения) в определенных условиях и определенными типами бурильных машин. Шкалы буримости пригодны обычно для использования только в пределах определенного района.

Твердость – это способность горной породы сопротивляться местному разрушению при вдавливании в нее инструмента или индентора.

Для характеристики сопротивляемости горных пород разрушению инструментами породопроходческих комбайнов (резцами, шарошками) в настоящее время используют показатели контактной прочности и абразивности пород.

Контактная прочность породы $p_к$ (МПа) определяется по методу Л.И. Барона и Л.Б. Глатмана путем вдавливания цилиндрического индентора (штампа) диаметром 2-5 мм в естественную (не шлифованную, как при определении твердости) поверхность образца породы:

$$p_K = \sum_{i=1}^{n} p_i / nS \,, \qquad (3.1)$$

где p_i – нагрузка в момент хрупкого разрушения породы под основанием штампа (образование лунки выкола), Н; n – число вдавливаний индентора на одном образце породы; S – площадь индентора, мм^2.

По контактной прочности породы относятся к шести категориям: слабые (до 400 МПа), ниже средней крепости (400-650 МПа), средней

крепости (650-1250 МПа), крепкие (1250-2450 МПа), очень крепкие (2450-4500 МПа), крепчайшие (более 4500 МПа).

Абразивность – свойство горной породы изнашивать при трении о нее металлы, твердые сплавы и другие твердые тела. Она определяется по методу, предложенному Л.И. Бароном и А.В. Кузнецовым, путем истирания торцов стального стержня-эталона диаметром 8 мм о необработанную поверхность образцов породы при постоянной частоте вращения стержня 6,7 $с^{-1}$ и осевой нагрузке 150 Н. Время истирания каждого торца стержня-эталона составляет 600 с. За показатель абразивности породы *а* принимается уменьшение массы истираемого стержня в миллиграммах, определяемое взвешиванием стержня до и после его истирания на аналитических весах.

Авторами метода предложена шкала абразивности, согласно которой все горные породы разбиты на восемь классов с показателями абразивности от а<5 мг – весьма мало абразивные породы (известняк, мрамор, апатит, каменная соль) до а>90 мг – в высшей степени абразивные (корундосодержащие породы).

Для целей расчета нагрузок на рабочем инструменте машин, производящих разрушение углей, ИГД им. А.А. Скочинского предложено определять сопротивляемость углей резанию непосредственно в забоях с помощью специальных приборов. В качестве показателя сопротивляемости угля резанию А.И. Бероном и Е.З. Позиным принято приращение силы резания на единицу глубины резания установкой ДКС в эталонном режиме (резание с выровненной поверхности резцом шириной 20 мм с параллельными боковыми режущими кромками и углом резания 50^0 А = $\overline{Z}/h$, где А – показатель сопротивляемости угля резанию, кН/м; $\overline{Z}$ – средняя сила резания, кН; h – глубина резания, м.

Для проведения массовых замеров сопротивляемости углей резанию в шахтных условиях ИГД им. А.А. Скочинского было создано также динамометрическое сверло СДМ-1.

Показатели сопротивляемости угля резанию, определенные с помощью СДМ-1, обозначаются $\overline{A}$ в отличие от А для установки ДКС и находятся из выражения $\overline{A}$ = $M_{ср}$ / ($2r_{ср}$ h), где $M_{ср}$ – среднее значение момента сопротивления, зафиксированное на ленте самописца динамометрического сверла, кН·м; $r_{ср}$ – 0,026 м – средний радиус резца; h – глубина резания (толщина среза), м.

Различают: сопротивляемость угля резанию в неотжатой зоне массива пласта – $\overline{A}$, кН/м; сопротивляемость угля резанию в зоне работы исполнительных органов выемочных горных машин (с учетом отжи-

ма угля) – $\overline{A}_{в}$, кН/м; сопротивляемость пласта резанию с учетом породных прослойков и включений – $\overline{A}_{р}$, кН/м.

Согласно классификации, предложенной ИГД им. А.А. Скочинского, различные типы углей подразделяют на восемь классов по сопротивляемости резанию – от I ($\overline{A}$ до 60, кН/м) до VIII класса ($\overline{A}$ = 421 и более кН/м) и на семь категорий по разрушаемости, учитывающей величину сопротивляемости резанию и вязкость углей, весьма слабые (ВС), слабые (С), средней крепости (СК), выше средней крепости (ВСК), крепкие (К), весьма крепкие (ВК) и особо крепкие (ОК) угли.

Лекция 4

МАШИНЫ ВРАЩАТЕЛЬНОГО, УДАРНО-ВРАЩАТЕЛЬНОГО И ВРАЩАТЕЛЬНО-УДАРНОГО БУРЕНИЯ

Эти машины предназначены для бурения шпуров и скважин по углю и породам с использованием в режиме резания. Горная порода при вращательном бурении (сверлении) разрушается спиральными слоями за счет сообщения буровому инструменту осевого усилия подачи, крутящего момента и движения инструмента по винтовой линии.

Машины вращательного бурения подразделяют на ручные, колонковые сверла и бурильные головки, применяемые в основном для бурения шпуров по углю и породам ниже средней крепости; станки для бурения разведочных и взрывных скважин по породам любой крепости, гезенко-проходческие и буросбоечные машины.

Ручные горные сверла предназначены для бурения шпуров диаметром до 50 мм по углям всех категорий крепости и слабым породам ($f \leq 3$). Современные горные сверла по способу подачи бурового инструмента на забой подразделяют на сверла с ручной и механической подачей; по роду потребляемой энергии – на электрические, пневматические и гидравлические и по типу управления – с непосредственным и дистанционным управлением.

Электросверло СЭР19-2М применяют для бурения шпуров по углю и мягким породам. Электрический ток подводится к пусковому устройству (выключателю) гибким кабелем, один конец которого подсоединен к штепсельной вилке пускателя. Сверло включается нажатием на пусковой рычаг, расположенный в правой рукоятке сверла.

Электросверла ЭР14Д-2М и ЭР18Д-2М имеют дистанционное управление. В конструкции сверла ЭРП18Д-2М предусмотрен приводимый от редуктора сверла барабанчик с тросом, который обеспечивает

механическую подачу сверла на забой по мере углубления буримого шпура (табл. 4.1).

Пневматические ручные сверла применяют для бурения шпуров по углю и породам с коэффициентом крепости (f до 3) по шкале проф. М.М. Протодьяконова в шахтах, где применение электроэнергии запрещено Правилами безопасности.

В корпусах сверл размещены ротационный двигатель, редуктор, пусковое устройство и глушитель шума. В крышке корпуса расположена масляная камера. Сверла СРЗМ и СРЗБ имеют устройство для промывки шпура, состоящее из муфты боковой промывки и специального переходника (табл. 4.2).

Таблица 4.1.

Параметры	СЭР19-2М	ЭР14Д-2М	ЭР18Д-2М	ЭР-П18Д-2М
Диаметр шпура, мм	До 50	43	43	43
Глубина бурения, м	3	3	3	4
Частота вращения шпинделя, $с^{-1}$	10; 12,5; 16	14,3	10	5
Номинальный вращающий момент шпинделя, Н·м	9	10,6	19,9	40
Номинальная мощность на шпинделе, кВт	1,2	1 16	1,4 17	1,4 24
Масса, кг	16,5			

Таблица 4.2.

Параметры	СРЗ	СРЗМ	СРЗБ
Диаметр шпура, мм		36-50	
Глубина бурения, м		≤3	
Номинальное давление сжатого воздуха, МПа	68,6	0,5 68,8	35,8
Крутящий момент на шпинделе, Н·м		2,57	
Эффективная мощность, кВт	13,5	13,5	12,5
Масса сверла, кг			

Гидравлические сверла СГР, в отличие от пневматических, оборудуются гидроприводом, выполненным в виде гидротурбин, и пока не получили распространение в горной промышленности, но в ряде случаев

могут оказаться весьма целесообразными, например, при гидродобыче полезного ископаемого.

Пневматические и гидравлические сверла отличаются значительной простотой конструкции, надежностью и безопасностью в работе, а также возможностью плавного регулирования частоты вращения рабочего инструмента, что в ряде случаев делает их более выгодными, чем электрические, и обеспечивает перспективность дальнейшего развития и совершенствования

Колонковые сверла и бурильные головки предназначаются для бурения шпуров (диаметром до 50 мм) в породах средней и выше средней крепости (f до 8) и крепких углях. В связи с этим они выполняются более мощными, чем ручные, имеют значительно большие массу и усилие подачи, и для бурения всегда устанавливаются на специальных распорных колонках или манипуляторах.

В настоящее время колонковые сверла выпускаются с гидравлической подачей. Кинематическая и гидравлическая схемы сверла ЭБГП-1 показаны на рис. 4.1. Крутящий момент от асинхронного электродвигателя 10 с короткозамкнутым ротором, имеющим мощность 2,5 кВт, через пары шестерен 9, 4, 5 и 3 передается вращающей втулке 2 и дальше через шпонки – шпинделю 1. Шпиндель имеет две частоты вращения – 2,84 и 5,25 $с^{-1}$. Частота вращения изменяется переключением блока шестерен 6 на шестерни 6 или 7. Подача шпинделя 1 на забой на величину 900 мм производится при помощи двух гидроцилиндров 8, обеспечивающих усилие подачи до 15 кН и скорость подачи до 0,023 м/с. Гидронасос 12 приводится во вращение от электродвигателя 10 через пару шестерен 11. Забирая масло через фильтр 16 из резервуара 17, гидронасос подает его через предохранительный клапан 13 к распределительному крану 14. Перемещая рукоятку 15 крана 14 в продольном направлении, можно подавать масло в поршневую или штоковую полость гидроцилиндров 8 и изменять тем самым направление осевого перемещения шпинделя 1 сверла и бурового инструмента.

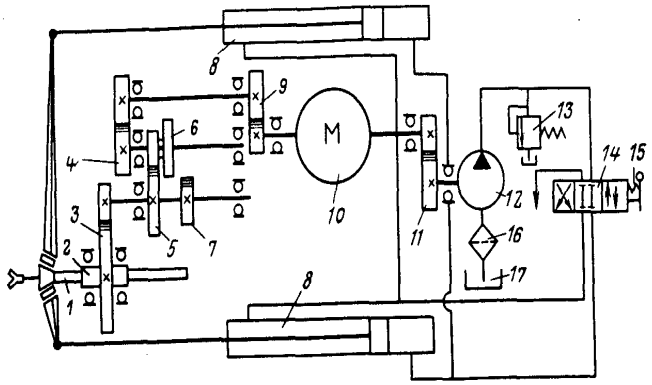


Рис. 4.1. Кинематическая и гидравлическая схемы колонкового сверла ЭБГП –1

При вращении рукоятки 15 сжимается или разжимается пружина плунжера клапана, чем регулируется осевое усилие на шпинделе. Масса сверла составляет 130 кг.

Машины вращательного бурения с большим ходом подачи бурового инструмента (2-3 м) основаны на применении бурильных головок, которые являются мощными приводами для вращения бурового инструмента и, следовательно, могут использоваться для бурения только в комплекте с податчиками, устанавливаемыми на поддерживающих приспособлениях. В качестве поддерживающих приспособлений для тяжелых бурильных машин с податчиками наиболее часто используют манипуляторы, устанавливаемые на специальных буровых тележках, погрузочных или других горных машинах. Разделение приводов вращателя и податчика дает возможность обеспечить независимость их работы и получить на буровом инструменте большие крутящие моменты и осевые усилия.

Электрическая вращательная бурильная головка УБШ204 (рис. 4.2.) состоит из электродвигателя 1, мощного редуктора 7, являющегося корпусом головки, шпинделя 15 и муфты 14. Крутящий момент от ротора до электродвигателя через две пары шестерен 19, 2 и 3, 18 передается на шлицевый вал 17 с переключаемым блоком шестерен 16. Блок шестерен может соединяться с шестерней 4 и передавать крутящий момент на шпиндель 15 через шестерню 5 или входить в зацепление с шестернями 6 или 9, обеспечивая при этом три частоты вращения главного вала 8. Поскольку главным валом воспринимаются не только большие крутящие моменты, но и большие осевые усилия, передняя шейка его оборудована опорным роликовым и упорным шариковым подшипниками 11 и

10. В передней части редуктора на шпинделе 15 насажена водоподающая муфта 14, которая оборудована манжетными и сальниковыми уплотнениями и удерживается от вращения упорами 13, прижимаемыми пружинами 12. Бурильная головка монтируется на плите, которая перемещается по направляющим податчика.

Бурильной головкой УБШ204 оснащается установка бурильная электрическая БУЭ1М конструкции ЦНИИподземмаша при бурении шпуров по породам с коэффициентом крепости f = 4÷8. Бурильная головка снабжена асинхронным электродвигателем мощностью 7,5 кВт и обеспечивает три частоты вращения шпинделя: 2,92; 6,73 и 12,6 $с^{-1}$. В зависимости от крепости буримых пород производится переключение частоты вращения шпинделя.

Податчик состоит из направляющей балки, выполненной из двух швеллеров, на которой закреплен реечно-цепной механизм подачи с приводом от двух гидроцилиндров. Максимальная скорость подачи 0,13 м/с, усилие подачи до 17 кН, ход подачи 3000 мм. Бурильная головка с податчиком установлена на манипуляторе, размещенном на самоходном шасси, передвигающемся по рельсовому пути. Установка БУЭ1М предназначена для бурения шпуров при проведении горизонтальных подготовительных выработок сечением от 6 до 10 $м^2$. Бурильные установки БУА-3С и БУА-3С-02, на гусеничном ходу, предназначены для бурения шпуров в забоях горизонтальных и наклонных до $+10^0$ выработок.

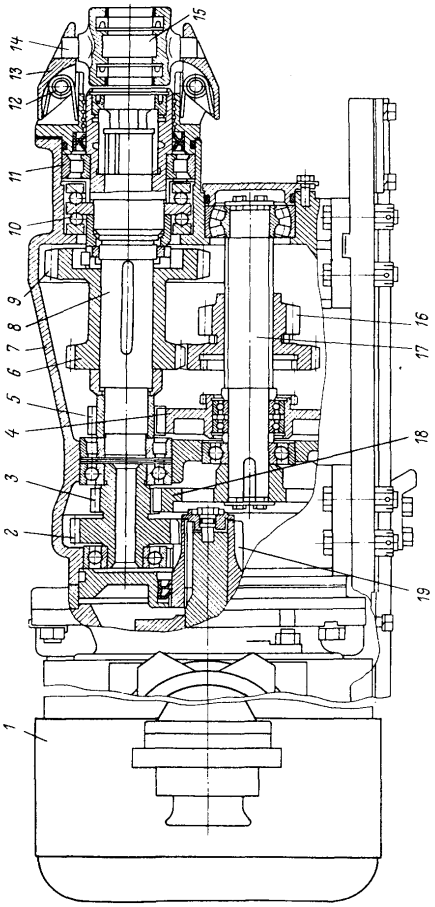


Рис. 4.2. Электрическая бурильная головка
вращательного действия УБШ204

Установка БУА-3С имеет односкоростную электрическую бурильную головку с частотой вращения шпинделя 20 $с^{-1}$ и предназначена для работы в камерах и очистных забоях сланцевых шахт при высоте выработок 1,7-2,8 м и коэффициенте крепости сланца $f = 2 \div 4$.

Установка БУА-3С-02 оснащена двухскоростной бурильной головкой с частотой вращения шпинделя 5,3 и 11,6 $с^{-1}$ и предназначена для проведения

подготовительных выработок сечением 8-18 м^2 в свету по породам с коэффициентом крепости до 8 по шкале проф. М.М. Протодьяконова.

Мощность двигателя вращателей и принципиальная конструкция податчика бурильных головок установок БУА-3С и БУА-02 такие же, как и установки БУЭ1М. Максимальные усилия подачи – 9,8 кН, скорость подачи вращателя – 0,25 м/с.

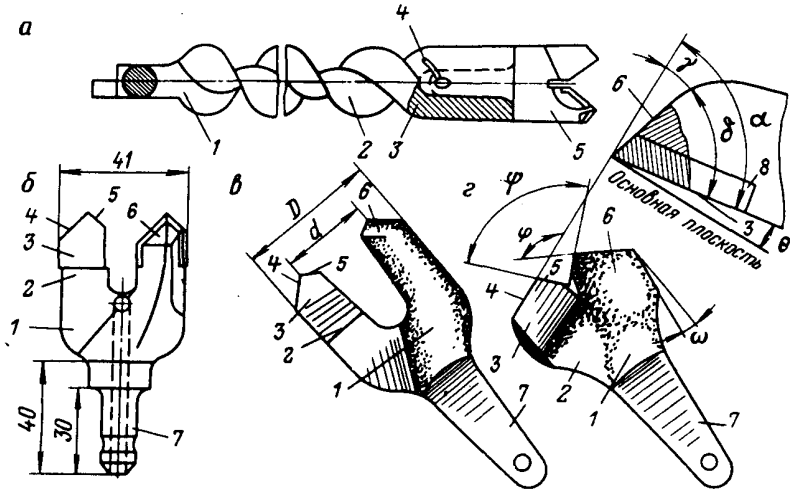


Рис. 4.3. Буровой инструмент ручных и колонковых сверл

Рабочий инструмент ручных и колонковых сверл (рис. 4.3 а) состоит из витых 1 или сплошных буровых штанг и резцов 5. У буровой штанги различают тело буровой штанги 2 и головку 3 с отверстием для крепления резца 5 с помощью крепежного штифта 4.

Штанги изготовляют из углеродистой стали марок У7А, У8, а также из конструкционной стали 35ХГСА круглого, ромбического и прямоугольного сечений с навивкой на них спирального выступа или свивкой буровой стали в виде спирали, для выноса из шпура буровой мелочи.

Съемные резцы (рис. 4.3 б в, г) состоят из корпуса 1, хвостовика 7 для крепления резца в штанге, и перьев 2, заканчивающихся режущими лезвиями. Буровые резцы двух основных типов РУ (см. рис.4.3 в) и РП (см. рис. 4.3 б, г) соответственно для бурения по углю и породе изготовляют из стали У7 и армируют пластинками 8 (см. рис. 4.3 г) из твердого сплава ВК-6, ВК-8 или ВК-8В.

Различают переднюю грань резца 3, образующую с основной плоскостью передний угол резца θ и заднюю грань 6, образующую с условной плоскостью резания (перпендикулярной к основной плоскости) главный задний угол резца γ. Передний угол θ может изменяться в пределах $\pm 15^0$, обычно принимают равным 0^0. Задний угол резца, предотвращающий трение задней гранью о плоскость забоя, в резцах типов РУ и РП принят равным соответственно 25 и 18^0. Пересечение передней и задней граней резца образует режущую кромку, характеризуемую углом заострения или заточки резца δ. Режущие кромки пера резца подразделяют на главные режущие кромки 4, образующие внешний или концевой угол резца φ и кромки рассечки 5, образующие угол рассечки ψ. Угол рассечки обычно принимают равным 90 ± 6^0, а концевой угол – 140 ± 4^0. Для уменьшения трения о стенки шпура резцу придается угол конусности ω, равный $2\text{-}3^0$. Диаметр наиболее распространенных РУ и РП соответственно равен 43,45 и 41 мм.

Для бурения шпуров электрическими вращательными бурильными головками в бурильных установках БУЭ1М и БУА-3С-02 применяют круглые буровые штанги с наружным диаметром 9 мм с резцами БИ-741 или РП-42.

Специальные требования техники безопасности. К таким требованиям для машин вращательного бурения, применяемых в шахтах, опасных по газу и пыли, относятся необходимость специального покрытия элементов бурильных машин сплавами, не дающими искрения при соударении и фрикционном трении.

Рукоятки ручных электросверл и кожух вентилятора, а также все части, с которыми контактирует рабочий в процессе бурения, должны быть защищены надежным изоляционным покрытием, целостность которого должна проверяться перед спуском в шахту и началом работы. Все токоведущие части бурильных машин должны быть надежно заземлены, а работа ручными электросверлами разрешается только в защитных резиновых перчатках. Все движущиеся элементы бурильных машин (шпиндели, цепи податчиков и др.) должны иметь надежную защиту для предотвращения травмирования рабочего. Разрешается пользоваться только полностью исправными бурильными машинами и инструментом и только убедившись в безопасности рабочего места. Не допускается работа тупыми резцами и поддержание вращающейся штанги руками.

Осмотр, проверку, мелкий ремонт или наладку бурильной машины и инструмента разрешается производить только после отключения их от сети и полной установки двигателя.

Машины ударно-вращательного и вращательно-ударного бурения предназначены для бурения скважин в породах средней крепости и крепких. Бурение этими машинами основано на комбинированном способе разрушения породы, объединяющем основные свойства ударного и вращательного бурения. При этом буровой инструмент в породу внедряется в основном под действием удара, а лучшему скалыванию породы способствует крутящий момент, непрерывно прикладываемый к буровому инструменту мощным вращателем. Вследствие этого в этих режимах появляется возможность значительно уменьшить усилие подачи по сравнению с вращательным способом, что уменьшает истирание бурового инструмента. Кроме того, увеличивается скорость бурения, по сравнению с ударным способом. Машины ударно-вращательного и вращательно-ударного бурения состоят из независимо работающих ударного и вращательного механизмов, смонтированных соответственно в одном корпусе или разных. Основная отличительная особенность машин ударно-вращательного действия – наличие специально сконструированного погружного ударного механизма-пневмоударника, перемещаемого в скважине вместе с буровой коронкой и обеспечивающего ей внедрение в породу, в основном, за счет ударов, в то время как у машин вращательно-ударного бурения ударный механизм остается вместе с вращателем вне скважины и выполняет вспомогательную функцию по отношению к основному – вращательному механизму.

В большинстве ударно-вращательных и вращательно-ударных буровых машин ударные механизмы используют пневматическую энергию, а вращательные и падающие – пневматическую, электрическую или гидравлическую. Основные преимущества ударно-вращательных буровых машин – сохранение энергии удара на буровой коронке независимо от глубины скважины и возможность приложения к буровому инструменту большого крутящего момента. У машин ударно-вращательного бурения, которые обычно применяют для бурения глубоких эксплуатационных и разведочных скважин, ударным механизмом служит погружной пневмоударник, которому через штанги передаются крутящий момент и усилие подачи на забой.

Погружные пневмоударники по принципу работы аналогичны перфораторам, но выполняются без встроенного поворотного устройства, вращаются вместе со ставом штанг, вынесенным вращателем, и работают на воздушно-водяной смеси, что значительно упрощает их конструкцию. Пневмоударник ПП105-2,2 (рис. 4.4) состоит из цилиндра 2, в котором перемещается ударник 3; передней головки 5, в которую

вставляется буровая коронка 6, закрепленная шпонкой 4; и переходника 1.

Воздухораспределение в пневмоударниках распределяется с помощью кольцевых клапанов, как и в пневматических перфораторах, и с помощью золотников по схеме «золотник на поршне».

Схема воздухораспределения «золотник на поршне» применена в пневмоударнике ПП105-2,2 (пневмоударник для подземных горных работ, диаметр скважины – 105 мм, ударная мощность – 2,2 кВт). Водовоздушная смесь, поступая в ударник через переходник 1 (рис. 4.4), направляется поочередно через радиальные каналы 7 и 8 в поршне-ударнике 3 в правую и левую части цилиндра 2 и заставляет поршень-ударник совершать возвратно-поступательные перемещения и наносить удары по хвостовику долота (буровой коронки) 6.

Весь отработанный воздух проходит к забою скважины, что позволяет эффективно очищать забой от буровой мелочи.

В пневмоударниках М29Т и ПП105–2,4 с клапанным воздухораспределением воздух для очистки забоя скважины поступает из камеры обратного хода. При снижении усилия подачи долото отходит вперед и открывает блокировочные окна. В этот момент работа ударного механизма прекращается и происходит интенсивная продувка скважины

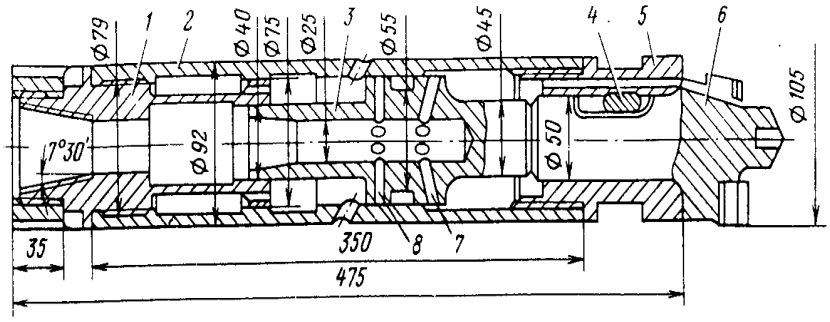


Рис. 4.4. Пневмоударник ПП105-2,2

Технические данные отечественных пневмоударников приведены в табл. 4.3. Пневмоударники с индексом «П» предназначены для открытых работ, с индексом «ПП» – для подземных.

В качестве бурового инструмента пневмоударников применяются долота однолезвийные, крестовые, с тремя боковыми лезвиями и центральным опережающим. Элементами долота (рис. 4.5 а) являются:

хвостовик 1, корпус 2, головная часть 3; головная часть армируется пластинками 4 твердого сплава ВК8В, ВК10КС, ВК11В и ВК15.

Наибольшее распространение для подземных работ получили долота К100В (рис. 4.5 б) с тремя боковыми лезвиями и центральным опережающим, для открытых работ – Х-образные долота К105К (рис. 4.5 в) с отстающей центральной частью.

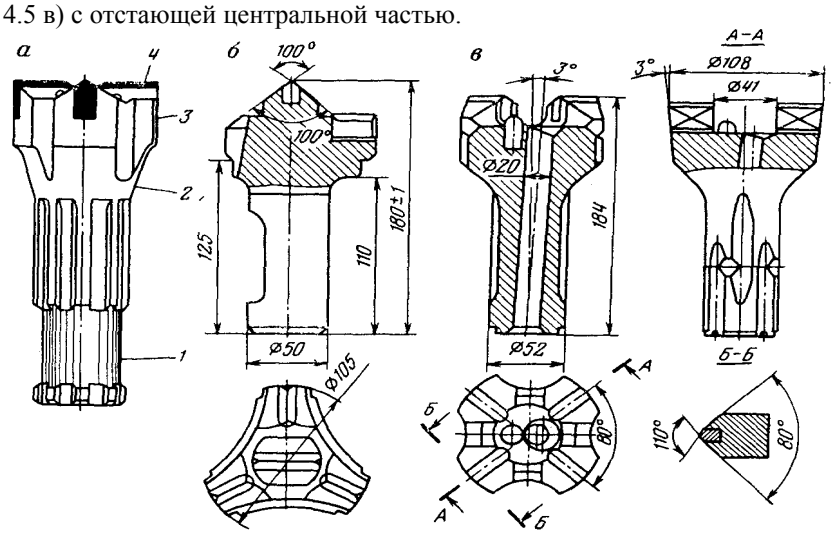


Рис. 4.5. Буровой инструмент пневмоударников

Для изготовления корпусов долот применяют стали 40ХН, 40ХН2МА. К буровому инструменту относятся также и штанги, на которые насажен пневмоударник, передающие крутящий момент от вращателя станка к долоту. Штанги – пустотелые и изготовляются из сталей марок 35ГС и 36Г2С.

Вращение пневмоударника и подача его на забой могут осуществляться вращателями и податчиками различного типа.

За рубежом погружные пневмоударники выпускаются в Бельгии, Великобритании, Канаде, США, Франции, Германии, Японии. Особенности пневмоударников зарубежных фирм – применение повышенного давления сжатого воздуха и золотникового воздухораспределения по схеме «золотник на поршне».

Машины вращательно-ударного бурения применяются в основном при проведении выработок большого сечения для бурения шпуров и скважин, по принципу действия аналогичны тяжелым колонковым перфораторам с независимым вращением бурового инструмента. Необходи-

мо отметить, что в последние годы в СНГ и за рубежом наблюдается стремление использовать машины вращательно-ударного действия и для бурения эксплуатационных скважин. Основная отличительная черта этих машин – большой крутящий момент, развиваемый так же как и у машин ударно-вращательного бурения специальным вращателем, не зависящим от ударного механизма.

Таблица 4.3

Параметры	М29Т	ПП105-2,2	ПП105-2,4	П105-2,6	П125-3,8	П155-4,1	П160-5,5	П200
Диаметр, мм: долота наружный – пневмоударника внутренний – цилиндра	 85 68 54	 105 92 75	 105 92 74	 105 96 82	 125 112 90	 155 140 100	 160 140 120	 200 175 148
Масса ударника, кг	1,75	3,2	2,8	3,0	5,6	5,5	11,3	19,3
Частота ударов, $с^{-1}$	25	32,5	28	27	21	30	21	10
Энергия удара, Дж	54	73,5	93,2	96	190	140	280	420
Ударная мощность, кВт	1,73	2,2	2,4	2,6	3,8	4,3	6	7,9
Номинальное давление сжатого воздуха, МПа	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Расход сжатого воздуха, $м^3$/мин	4,5	5,5	6,8	5,5	7	9,7	12	18
Длина пневмоударника без долота, мм	408	455	475	657	652	487	740	900
Масса пневмоударника, кг	10	15,5	16,8	22,6	30	40	57	110

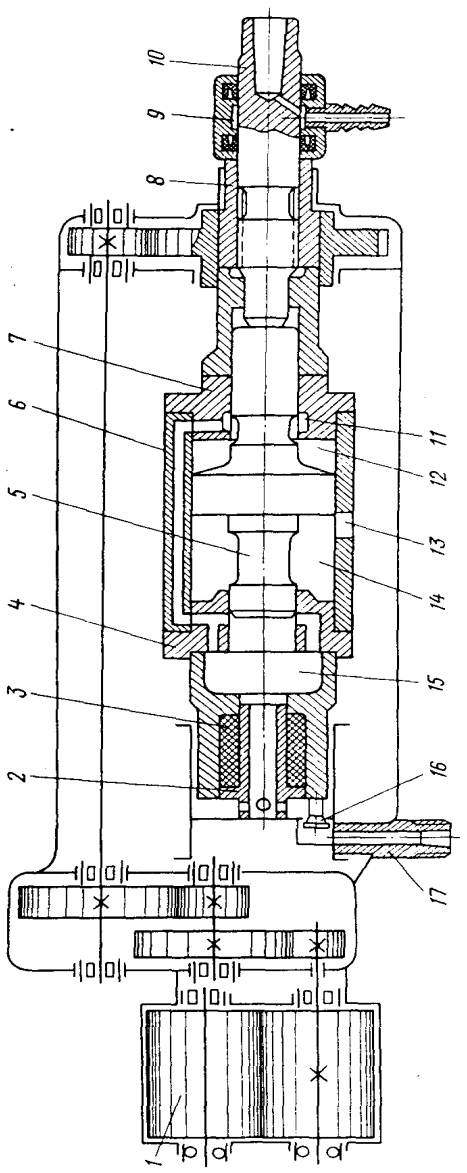


Рис. 4.6. Бурильная головка БГА-1М

Бурильная машина вращательно-ударного действия, состоящая из вращательного и ударного механизмов, скомпонованных в одном корпусе, называется *бурильной головкой.*

В шахтных самоходных бурильных установках типа УБШ в качестве бурильных головок широко используют колонковые перфораторы ПК-60А с независимым вращением бура, а также бурильную головку БГА-1М. Головка БГА-1М (рис. 4.6) состоит из шестеренного пневмодвигателя 1 с редуктором и ударного узла. Сжатый воздух от пульта управления через штуцер 17, трубку 2, полость 15, каналы задней буксы 4 и продольные каналы цилиндра 6 поступает в расточку 11 передней буксы 7, откуда через проточку на штоке ударника подается в камеру обратного хода 12. В камеру прямого хода 14 воздух проходит через каналы задней буксы и проточку 5 на хвостовике ударника. Торец хвостовика постоянно находится под давлением сжатого воздуха. Выхлоп отработанного воздуха производится через окно 13. При увеличении усилия подачи амортизатор 3 сжимается и выпускной клапан 16 при этом полностью открывается.

Вращатель, осуществляющий независимое вращение бура, состоит из пневмодвигателя 1 и трех пар зубчатых колес, передающих крутящий момент с помощью шпинделя 8 хвостовику 10. Мощность шестеренного двигателя составляет 1,2 кВт, передаточное число редуктора – 34,4.

Вода в забой скважины подается через муфту боковой промывки 9, хвостовик 10 и буровые штанги.

Конструктивная схема бурильной головки БГА-1М используется фирмой «Гарднер Денвер» (США) для своих перфораторов Р-1000 и Р-2000.

Буровой инструмент машин вращательно-ударного бурения аналогичен инструменту, описанному для перфораторного бурения, и состоит из буровых штанг диаметром 30-32 мм и буровых коронок. В отличие от перфораторного бурения коронки, предназначенные для вращательно-ударного бурения, имеют несимметричную заточку. При этом для бурения мягких и ниже средней крепости пород передний угол заточки лезвия принимается 10-15^0, для крепких пород – 20-25^0. Угол заточки задней грани составляет 45-60^0. Для армирования коронок используют пластинки металлокерамического твердого сплава ВК8В, ВК10КС и ВК11В.

ШАХТНЫЕ БУРИЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ. СТАНКИ ДЛЯ БУРЕНИЯ СКВАЖИН. ОТБОЙНЫЕ МОЛОТКИ

Шахтные бурильные установки предназначены для бурения шпуров в породах различной крепости при проведении горных выработок, строительстве тоннелей, а также при проведении очистных работ в рудниках. Шпуры бурят вдоль оси выработки, в кровлю, бока и почву выработки. Бурильные установки полностью механизируют процесс бурения, улучшают санитарно-гигиенические условия работы и частично механизируют процессы заряжения шпуров и крепления выработки.

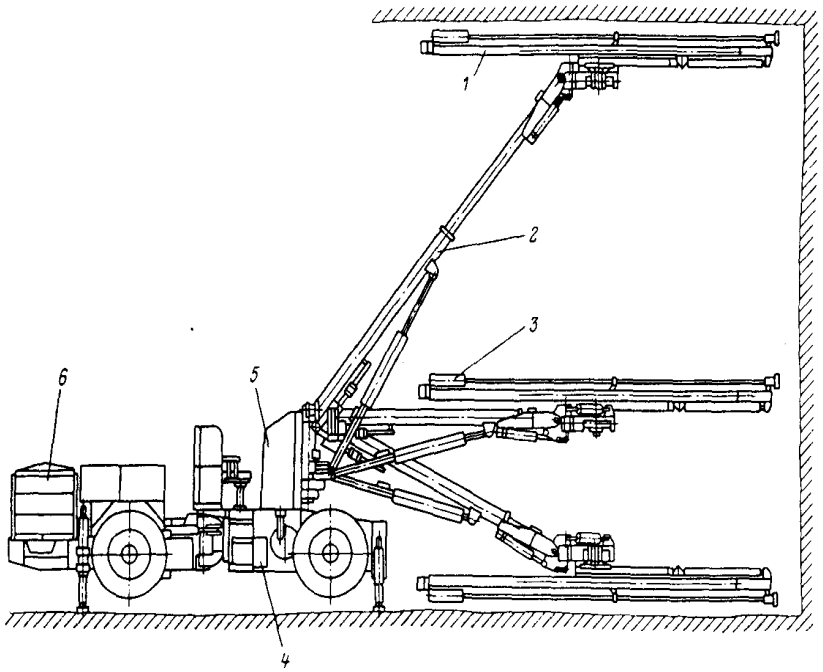


Рис. 5.1. Шахтная бурильная установка

Бурильные установки разделяют на *фронтальные* и *радиально-фронтальные.* Фронтальными установками шпуры бурятся только вдоль оси выработки и перпендикулярно к ней. По типу бурильных головок бурильные установки подразделяют на оборудованные бурильными головками вращательного (f <8), вращательно-ударного (f = 8÷14) и ударно-вращательного (f = 12÷20 и более) действия.

Кроме того все бурильные установки подразделяют по роду потребляемой энергии – на *пневматические, электрические и комбинированные;* по типу ходовой части – *пневмошинные колесно-рельсовые и гусеничные,* а также по числу бурильных головок.

Шахтная бурильная установка (рис. 5.1) состоит из следующих основных сборочных единиц: бурильной головки 3 с податчиком 1, манипулятора 2, рамы с ходовой частью 4, привода 6, пульта и системы управления 5.

Податчики предназначены для перемещения бурильных головок совместно с буровым инструментом с рациональным осевым усилием подачи на забой во время бурения шпуров и возврата их в исходное положение после окончания бурения.

Различают *податчики постоянной* длины, применяемые на бурильных установках фронтального и радиально-фронтального типов, когда линейные размеры выработки превышают длину податчика, и телескопические податчики, которыми обуривают забой выработки с полной раздвижностью податчика, а кровлю и боковые стенки – укороченными шпурами с помощью сложенного податчика.

В конструктивном плане податчики могут быть винтовыми, цепными, канатными и канатно-поршневыми. По типу привода различают податчики с приводом от двигателя и от цилиндра, по применяемой энергии – пневматические и гидравлические.

Податчики характеризуются следующими основными параметрами: длиной подачи 2-4,5 м; усилием подачи 1,5-20 кН; массой 30-850 кг (обычно 350 кг); скоростью подачи бурильной головки при бурении до 0,3 м/с, а при обратном ходе – от 0,2 до 0,4 м/с.

В качестве примера рассмотрим некоторые наиболее характерные конструкции податчиков и принцип их работы. На рис. 5.2, а представлена схема винтового податчика постоянной длины.

Податчик состоит из рамы 6, верхняя часть которой служит направляющей для салазок 5 бурильной головки 4. Внутри рамы в подшипниковых опорах 2 размещен винт 3, имеющий привод 1. При вращении винта гайка 10, находящаяся в постоянном зацеплении с винтом и соединенная салазками, обеспечивает поступательное движение буриль-

ной головки на забой и обратный ход после окончания бурения шпура. Винт податчика выполняется с трапециевидной многозаходной несамотормозящейся резьбой. Рамы податчиков выполняются сварными из стального проката. Фирмы «Атлас Копко» (Швеция) и «Гарднер Денвер» (США) начали применять рамы податчиков из прессованных алюминиевых сплавов.

Для сохранения прямолинейности буровой штанги в процессе бурения устанавливается неподвижный люнет 8, а при длине штанги более 3 м – подвижный люнет 7. В передней части рамы имеется упор 9, обеспечивающий фиксацию податчика на забое выработки.

Одна из конструкций телескопического податчика показана на рис. 5.2 б. Податчик состоит из нижней рамы 5 с винтом 3 и верхней рамы 8 с винтом 7. Винт 3, вращаясь с помощью привода 6, передает через шестерни 4 и 2 вращение винту 7. При вращении винта 3 возможны два варианта работы шестерни 4: или она не вращается (как указано на рисунке) и перемещается вдоль этого винта, вызывая перемещение верхней рамы 8 с бурильной головкой 1 относительно нижней рамы 5, или при сложенном податчике шестерни 4 вращается и через шестерню 2, винт 7 и гайку 9 вызывает движение бурильной головки по направляющей верхней рамы 8.

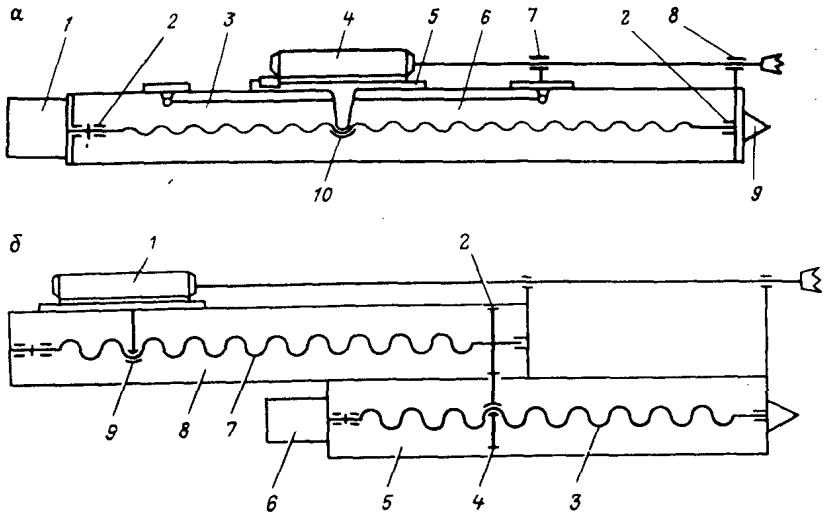


Рис. 5.2. Податчики для перемещения бурильных головок:
а – винтовой податчик постоянной длины;

б – винтовой телескопный податчик.

Важный элемент бурильной установки – *манипулятор*, который предназначен для перемещения бурильной головки с податчиком в пространстве и ее фиксации в нужных точках для бурения шпуров.

К манипуляторам предъявляются следующие требования: высокие скорости перемещения; надежное закрепление бурильной головки в положении для бурения; обеспечение автоматического сохранения параллельности податчика в процессе манипуляций; возможность бурения наклонных шпуров под различными углами, определяемыми технологическими требованиями, и оконтуривающих шпуров с минимальными углами наклона (до 5^0) к оси выработки.

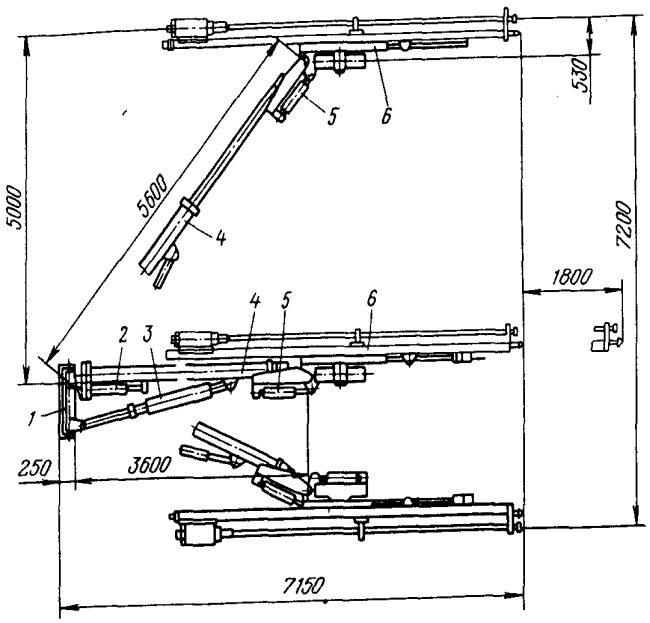
Рассмотрим конструкцию телескопического манипулятора УТМ-5 (рис.5.3), применяемого на бурильных установках типоразмера УБШ-5. Он состоит из опорного кронштейна 1, раздвижной рукояти 4, имеющей ход выдвижения 2 м, позиционера 5, направляющей рамы 6, цилиндров подъема стрелы 3 и поворота 7, устройства 2, обеспечивающего параллельность движения.

На рис. 5.3 показаны углы перемещения стрелы, позволяющие обуривать забой высотой 7,2 м и шириной до 7,3 м. На конце выдвижной части рукояти крепится позиционер 5, соединяющий рукоять 4 с направляющей рамой 6 податчика. На позиционере установлены цилиндры поворота направляющей рамы в горизонтальной и вертикальной плоскостях, а также механизм вращения для поворота бурильной машины на 180^0 относительно выработки, что обеспечивает бурение шпуров около почвы с минимальным наклоном в горизонтальной плоскости.

Основные параметры бурильных шахтных установок приведены в табл. 5.1.

Бурильные установки УБШ-121 (УБШ101), БК-2П, 2УБН-2П (УБШ208), СБКН-2М (УБШ207) относятся к малогабаритным. Самой легкой из шахтных бурильных установок на пневмомашинном ходу является установка УБШ-121, которая может применяться с малогабаритными погрузочно-транспортными машинами ПД-2 и ПД-3. Преимущество установки – надвиг бурильных головок (перфораторов ПК60А) на забой при бурении. В этом случае установка имеет длину 7 м. При транспортировании бурильные головки совместно с манипуляторами сдвигаются назад и длина установки составляет 4,75 м.

Установка БУР-2Б на колесно-рельсовом ходу также имеет надвиг манипуляторов с бурильными головками БГА-1М на забой и снабжена площадкой для размещения в ней взрывника при заряжании шпуров. Установка имеет захват, поддерживающий верхняки при креплении выработки.


5000
5600
530
7200
1800
250
3600
7150
1
2
3
4
5
6

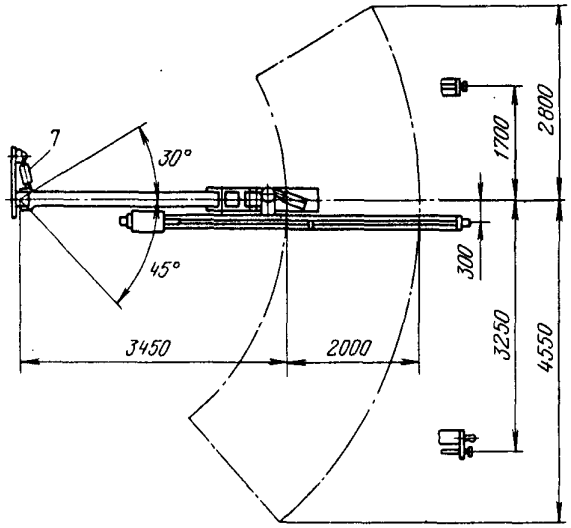

7
30°
45°
3450
2000
1700
2800
300
3250
4550

Рис. 5.3. Манипулятор УТМ-5 бурильных установок.

Таблица 5.1

Бурильные шахтные установки

Параметры	(УБШ101)УВШ-121	БК-2П	(УБШ208)2УБН-2П	(УБШ304)СБУ-2МН	УБШ4011СБУ2К	(УБШ207)СБКН-2М	УБШ202БУ-1Б	УБШ302БУР- 2Б	(УБШ309)БКГ-2	УБШ204БУЭ-1М	(УБШ312)УБШ-322Д	(УБШ501)УБШ-532Д	(УБШ315)УБШ-312ДГ
Площадь обуриваемого забоя, м^2	6-11	6-11	6-14	24	34	6-12	18,5	22,8	22	6-10	8-22	15-60	11-27
Зона бурения шпуров, м:													
Высота	3	3	3,2	3,9	5	3,2	4	4,5	4.5	3,2	4,4	7,2	4,6
Ширина	4	4	4,6	5,5	7,7	4,4	5	5,5	4,5	3,3	6,9	8,6	7
Глубина	2	2	2,5	2,75	4	2,5	2,75	2,75	2,8	2,8	3	4	3,3
Число бурильных машин	2	2	2	2	2	2	1	2	2	1	2	3	2
Тип бурильной головки	ПК60 А	ПК60 А	ПК60 А	1100-1-1М	БГА-1М	ПК60 А	БГА-1М	БГА-1М	ГП-1	электрический	ГБП*	ГБП*	ГБГ**
Тип ходовой части	Пневмошинный			Гусеничный			Колесно-рельсовый				Пневмошинный		
Мощность привода хода, кВт	20	20	20	14	18	14	14	14	14	-	55	55	55
Основные размеры в транспортном положении, м	4,75×1,45×1,5	5,7×1,4×1,4	6,8×1,5×1,5	7,1×1,87×1,75	9,2×2,4×2.8	6×1,3×1,3	6,5×1,08×1,5	7×1,3×1,5	7,2×1,32×1,4	8,2×1,15×1,,25	11×1,75×2,3	12,5×2,5×2,8	10,5×1,9×2,8
Масса , т	4	5,5	6,25	6	13,9	5,7	2,3	4,95	5,5	5,4	12	22	18

Примечание: - ГБП* – головка бурильная пневматическая; - ГБГ** – головка бурильная гидравлическая

Для проведения выработок большой площади сечения (тоннелей, камер), а также для работы в очистных забоях при камерно-столбовой системе разработки применяется установка высокой энерговооруженности УБШ-532Д (УБШ501), оснащенная тремя пневматическими бурильными головками и тремя телескопными манипуляторами, установленными на пневмошинном шасси с шарнирно-сочлененной рамой и дизельным приводом хода.

Шахтная бурильная установка УБШ-322ДГ (УБШ-312) гидравлическая. Установка может эксплуатироваться при температуре до -26^0 С. Она имеет две гидравлические бурильные головки и два манипулятора, которые установлены на пневмошинном шасси, аналогичном по конструкции шасси установки УБШ-532Д. Установка имеет две маслостанции с электроприводом, для питания которого служит кабельный барабан с запасом кабеля 100 м.

Зарубежные фирмы, производящие шахтные бурильные установки: «Атлас Копко» и «Линден Алимак» (Швеция), «Ингерсол Рэнд» и «Гарднер Денвер» (США), «Тамрок» (Финляндия), «Фуракава» (Япония). Установки гидрофицированы. В качестве бурильных головок используют гидровращатели, пневматические и гидравлические перфораторы. Ходовое оборудование может быть пневмошинным, гусеничным и колесно-рельсовым.

Все отечественные и зарубежные шахтные бурильные установки, имеющие пневмошинное, гусеничное и колесно-рельсовое ходовое оборудование, являются самоходными

Буровые станки предназначены для бурения глубоких скважин в породах различной крепости на подземных и открытых разработках полезных ископаемых. По назначению различают станки для бурения взрывных и разведочных скважин, а также специальных (дегазационных, опережающих). По способу разрушения породы различают станки вращательного, ударно-вращательного и вращательно-ударного действия. Станки вращательного действия по типу применяемого бурового инструмента подразделяют на оборудованные резцовыми или алмазными коронками, а также шарошечными долотами. Станки ударно-вращательного бурения подразделяют по месту расположения ударников на погружные, расположенные в скважине, и выносные, установленные непосредственно на станке. Ударники могут работать на пневматической и гидравлической энергии.

Станки для подземного бурения взрывных скважин в породах средней крепости и крепких подразделяют на станки ударного бурения (БУ), оснащенные бурильными головками ударно-вращательного и вра-

щательно-ударного действия, станки ударного бурения с погружными пневмоударниками (БП) и шарошечные (БШ). Станки могут быть самоходными и несамоходными. Самоходные станки должны иметь возможность бурить круговой веер скважин в вертикальной плоскости.

Для подземных горных работ в последнее время большинство заводов и зарубежных фирм выпускают станки на пневмошинном ходу, а для открытых горных работ – на гусеничном.

Для бурения кругового веера скважин диаметром 50-85 мм и глубиной до 30 м в породах средней крепости и крепких применяются самоходные станки ударно-вращательного действия, оснащенные колонковыми перфораторами или гидроударниками (табл. 5.2).

Промышленностью в настоящее время выпускается станок ударно-вращательного действия ПБУ-80М(БУ-80СА).

Основными элементами станка ПБУ-80М (рис. 5.4) являются: пульт управления 5, дублирующий пульт 1, бурильная головка 6, податчик 4, пневмошинный ход 8, гидродомкраты горизонтирования 7, гидроцилиндр заваливания бурильной группы 2.

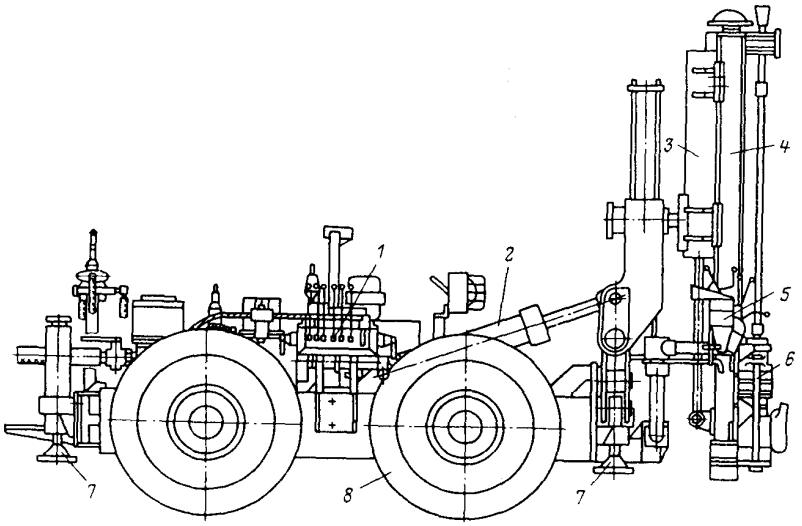


Рис. 5.4. Буровой станок ударно-вращательного действия ПБУ-80М

В процессе бурения станок выставляется и горизонтируется с помощью четырех гидродомкратов, а буровая группа распирается в стенки выработки с помощью цилиндра надвигания 3.

Станок СБ-1П сконструирован на базе ходовой части погрузочно-доставочной машины МПДН-1 и имеет канатно-поршневой податчик с двумя цилиндрами. В станке СБУ-55/85 использовано шасси от бурильной установки УБШ-121 и установлены две бурильные головки.

Буровой станок СБУ-50Э приводится в действие от электросети напряжением 380 В. Бурильной головкой станка является гидроударник золотникового типа, наносящий удары частотой 42 $с^{-1}$. Частота вращения шпинделя – 2 $с^{-1}$.

Ходовая часть снабжена электродвигателем мощностью 48 кВт и системой гидронасосов. Для замены станка СБУ-50Э готовится к выпуску станок 2СБУ-80 с гидравлической бурильной головкой ГБГ300-500.

На рудниках получили распространение станки ударного бурения с погружными пневмоударниками (БП) для бурения глубоких (до 50 м) скважин в породах средней крепости и крепких. Наибольшее распротранение получили станки типа НКР (НКР-100МА, НКР-100МПА), оборудованные вращательным и подающим механизмами и погружным пневмоударником. Станки в конструктивном отношении выполняются обычно аналогично станкам вращательного бурения с пневматической подачей и при соответствующих режимах работы могут использоваться для бурения разведочных скважин резцовыми и алмазными коронками.

На рудниках получили распространение станки ударного бурения с погружными пневмоударниками (БП) для бурения глубоких (до 50 м) скважин в породах средней крепости и крепких. Наибольшее распротранение получили станки типа НКР (НКР-100МА, НКР-100МПА), оборудованные вращательным и подающим механизмами и погружным пневмоударником. Станки в конструктивном отношении выполняются обычно аналогично станкам вращательного бурения с пневматической подачей и при соответствующих режимах работы могут использоваться для бурения разведочных скважин резцовыми и алмазными коронками.

Основными элементами станка НКР-100МА (рис.5.5) являются: подающий патрон 1, перемещающийся по направляющим, неподвижный патрон с редуктором и пневмозахватом 11, электродвигатель 9, пульт управления 2, подающий цилиндр 5, оградительный щиток 6, салазки с роликом 10. В комплект станка входят буровые штанги 7, пневмоударник 8, распорная колонка 4, ручная грузоподъемная лебедка 3 и автоматическая масленка. Редуктор 11 с пневмозахватом состоит из планетарного редуктора, одноступенчатой зубчатой перадачи, зажимного устрой-

ства, шлицевого вала и концевых клапанов прямого и обратного хода. Подающий патрон 1, представляющий собой одноступенчатый редуктор с пневматическим зажимным устройством, предназначен для подачи и вращения бурового инструмента во время бурения или при выдаче инструмента из скважины. Патрон перемещается по двум направляющим с помощью пневматических податчиков. Подвижное шлицевое зацепление соединяет подающий патрон и редуктор с пневмозахватом, передающим крутящий момент от двигателя ставу штанг. Пневмозахват удерживает и вращает став штанг, когда подающий патрон разъединяется со штангой для последующего ее захвата на новом месте.

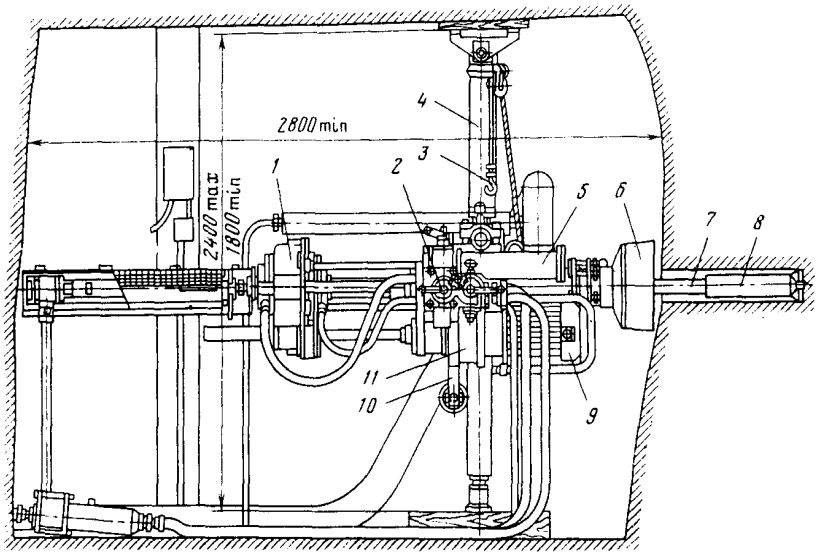


Рис. 5.5. Буровой станок НКР-100МА

Полуавтоматические буровые станки НКР-100МА и НКР-100М-ПА позволяют бурить скважины диаметром 85-105 мм на глубину до 50 м в любом направлении, осуществляя усилие подачи до 6 кН. Масса станков составляет соответсвтенно 425 и 420 кг. Для привода вращателя в станке НКР-100МА применен электродвигатель 4А100, обеспечивающий частоту вращения бурового става, равную 1,3 $с^{-1}$, в станке НКР-100 МПА – пневматический двигатель ДАР14М. Частота вращения бурового

става станка НКР-100МПА составляет 2 $с^{-1}$. Расход воздуха равен 9 $м^3$/мин, а станка с пневмодвигателем – 15 $м^3$/мин.

Таблица 5.2.

Параметры	**ПБУ-80М БУ-80СА**	**СБ-1П**	**СБУ-55/85**	**СБУ-50Э**
Диаметр скважин, мм	65-80	50-85	50-85	52-65
Глубина бурения скважин, м	40	25	25	25
Число бурильных машин	1	1	2	1
Тип перфоратора, гидроударника	ПК75А	ПК75А	ПК75А	БГГ-80
Тип податчика	Винтовой	Пневматический	Винтовой	Гидравлический
Диаметр буровых штанг, мм	38	32	38	32
Длина буровых штанг, мм	1220	1200	1000	1000
Размеры выработки, м	2,8×2,8	2,8×2,8	2,5×2,5	2,8×2,8
Скорость передвижения, км/ч	1	5	2	1
Давление в воздушной системе, МПа	0,5	0,5	0,5	-
Давление в гидросистеме, МПа	6	6,5	6,5	12,5
Расход сжатого воздуха $м^3$/мин	15	15	30	-
Расход воды, л/мин	25	25	40	18
Масса, т	4	3,87	3,2	4

При бурении станки устанавливают в камерах. Горизонтальные и слабонаклонные скважины бурят из камер высотой 2,2 м. При бурении вертикальных скважин высота камеры должна составлять 2,5-2,9 м. При необходимости бурить глубокие восстающие скважины на станках устанавливают два дополнительных цилиндра подачи бурового става (модификации НКР-100МВА и НКР-100МПВА с четырьмя подающими цилиндрами). Салазки позволяют перемещать станки волоком по горным выработкам.

Для бурения дегазационных скважин, скважин для нагнетания воды в пласт и другого назначения на угольных шахтах применяется буровой станок вращательного действия Б100-200Э (рис. 5.6).

Станок бурит скважины диаметром 100 и 130 мм на глубину до 200 м в пологих и до 150 м в крутых угольных пластах, опасных и не опасных по внезапным выбросам угля и газа из подготовительных выработок в любом направлении. Станок имеет дистанционное управление и автоматическое наращивание бурового става.

Вращение от электродвигателя М 9см. (рис. 5.6) мощностью 15 кВт через зубчатую муфту 11 передается шестерням 7 и 5, с которыми может входить в зацепление подвижный блок шестерен 6. Далее через шестерни 8 и 9 вращение передается перемещаемым на валу шестерням 10 и 4, которые поочередно могут вводится в зацепление с блоком шестерен 2, передающим вращение на шестерню 3. Шестерня 3 через зубчатую муфту 1 передает вращение на шлицевый ходовой вал 14, расположенный вдоль рамы станка. По шлицам вала 14 перемещается шестерня 13, которая размещена в корпусе подвижного вращателя и через шестерню 12 вращает буровой став.

Буровой инструмент может иметь четыре частоты вращения: 1,3; 2,08; 3,34 и 5 $с^{-1}$, что достигается различными комбинациями блока шестерен 6 с шестернями 7 и 8 и подвижных шестерен 10 и 4 с блоком 2.

Буровой инструмент на забой подается с помощью двух телескопических гидроцилиндров 15 с рабочим усилием 50 кН. Рабочая скорость подачи регулируется в диапазоне 0,1 – 2 м/мин. Маневровая скорость подачи составляет 10 м/мин вперед и 8 м/мин назад.

Для сохранения его от продольных перемещений при установке или демонтаже и развинчивании имеется специальное устройство 16.

При проведении работ на шахтах по увлажнению угольного массива используется также станок БЖ45-100Э. Станок вращательного действия и может бурить скважины по углю и включениям породы крепостью до f = 5 на глубину до 1000 м и под любым углом к горизонту, может применяться также для бурения водоспускных и дегазационных

скважин. Приводом вращения бурового инструмента с коронками диаметром 42 и 45 мм служит электродвигатель 2ВР100L2 с мощностью 5,5 кВт. Буровой став подается на забой с помощью гидродомкрата с усилием подачи до 8 кН. Длина буровой штанги составляет 1380 мм.

Станки Б100/200Э и БЖ45-100Э не самоходные, в горных выработках они устанавливаются на распорных устройствах из гидростоек.

Для бурения по углю восстающих технических скважин диаметром 300 и 400 мм, длиной до 160 м/ (на высоту этажа) и последующего забуривания их до диаметров 600 и 800 мм применяется станок вращательного действия Б48КП. Станок имеет дистанционное управление и обеспечивает механизированное наращивание бурового става, собираемого путем свинчивания штанг длиной 1000 мм, часть из которых оснащена опорными фонарями. Станок выпускается в исполнениях с пневматическим (30 кВт) и электрическим (36 кВт) приводами. Два гидроцилиндра обеспечивают усилие подачи бурового става на забой при бурении до 196 кН и при разбуривании до 294 кН.

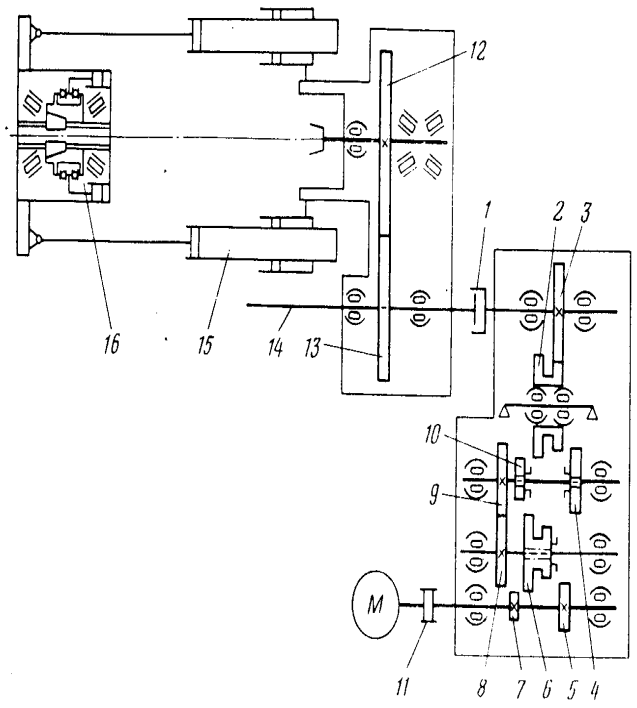


Рис. 5.6. Кинематическая схема бурового станка Б100-200Э.

Бурение скважин большого диаметра не только на крутых, но и на наклонных и пологих пластах производится станком БГА4М и БГА4М-01.

Буровой станок БГА4М бурит скважины на пластах с углами падения от 45^0 до 90^0 диаметром 500 мм на глубину до 150 м с возможностью увеличения диаметра скважин при разбуривании до 1000 мм. Станок БГА4М-01 бурит скважины диаметром 500 мм на глубину до 60 м на пластах с углами падения от 0 до 45^0. Станки могут работать на углях любой крепости, в том числе имеющих породные прослойки мощностью до 0,2 м с коэффициентом крепости до 5.

Для проходки гезенков глухим забоем снизу с углом наклона $40\text{-}90^0$ диаметром 1000 мм и длиной до 100 м по породам с коэффициентом крепости f до 10, используемых для выдачи угля из очистного забоя, и их проветривания, передвижения людей, доставки материалов, а также для спуска породы на нижний горизонт при углубке вертикальных и проведении слепых стволов, выпускается гезенко-проходческая машина «Стрела -77», (рис.5.7), которая состоит из снаряда вращателя 3, механизма подачи 6, маслостанции 7, на которой смонтирован пульт управления станком, бурового става 4 с опорными фонарями 5, установочных 8 и распорных домкратов. Снаряд- вращатель включает в себя электро- или пневмодвигатель и редуктор, имеющий планетарную перадачу и служащий для вращения шарошек 2 и опережающего долота 1 относительно оси скважины.

Машина «Стрела-77» на шахтах, разрабатывающих пласты, опасные по внезапным выбросам, применяется с пневмоприводом. Гидроцилиндры механизма подачи 6 создают во время работы осевое усилие до 38 кН. Для подавления пыли, охлаждения электродвигателя и породоразрушающего инструмента в забой по шлангу 9 подается вода.

Машина может применяться для проходки гезенков по предварительно пробуренной другими станками скважине диаметром 190 мм, соответствующей диаметру опережающего долота. Машина комплектуется буровым ставом (ставом подачи) для проходки гезенков длиной 25, 50, 75 и 100 м. Масса машины в зависимости от комплекта поставки составляет 14,37 – 21,77 т, а собственно машины (без става подачи и запчастей) – 6,6-6,96 т.

Для бурения взрывных скважин на открытых разработках широко применяются станки шарошечного бурения, которые предназначены для бурения вертикальных и наклонных скважин диаметром 160-320 мм и глубиной 32-60 м в породах с коэффициентом крепости $f = 16 \div 18$. По массе M_c (т), развиваемому осевому усилию P_{oc} (кН) и диаметру буримых скважин d_c (мм) станки шарошечного бурения подразделяют на три

класса: легкие (M_c ≤60 т; P_{oc} ≤ 350 Кн; d_c = 216-269,9 мм), тяжелые (M_c >85 т; P_{oc} > 350 Кн; d_c >269,9 мм).

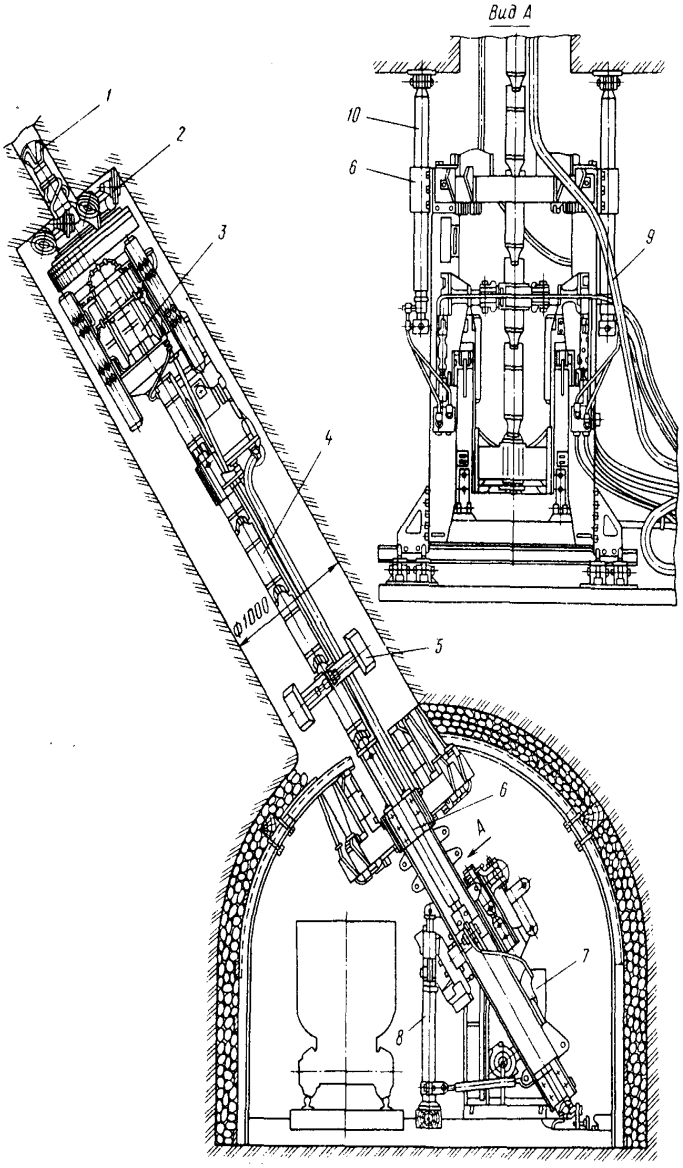


Рис. 5.7. Гезенко-проходческая машина «Стрела-77».

Легкие станки применяют для бурения скважин по породам с коэффициентом крепости f = 6÷16; средние – f = 10÷16; и тяжелые – f до 18.

Буровое оборудование станков шарошечного бурения состоит из става буровых штанг и шарошечного долота.

Наибольшее распространение получили трехшарочные долота (рис. 5.8), состоящие из трех сваренных между собой лап 3, на цапфах 4 которых смонтированы шарошки 6, свободно вращающиеся на подшипниках качения 5 и 7. В зависимости от условий применения долота выпускают с зубчатыми и штыревыми шарошками.

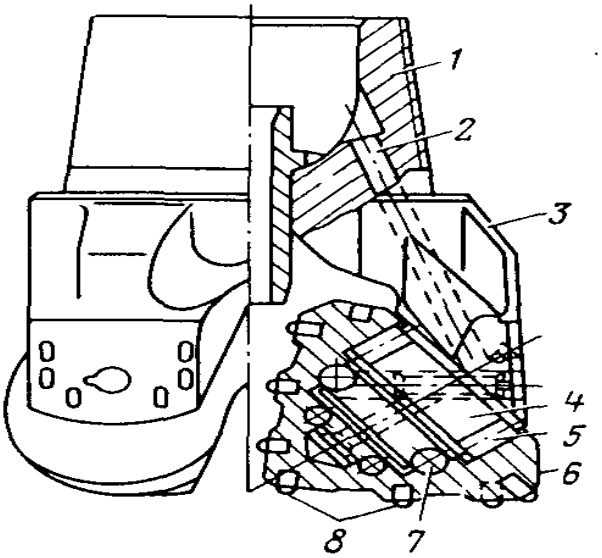


Рис. 5.8. Трехшарошечное долото

Для бурения по мягким и средней крепости породам применяют зубчатые долота, для бурения по крепким и очень крепким породам – штыревые. Штыри твердого сплава 8 могут иметь клиновую или сферическую рабочую поверхность.

Для удаления буровой мелочи из скважины шарошечное долото имеет каналы, по которым на забой скважины поступает сжатый воздух или воздушно-водяная смесь. В лапах долот имеются каналы 2 для обдува опор

шарошек. Воздух или воздушно-водяная смесь подается через буровые штанги, которые имеют для этой цели специальные штуцеры и ниппели.

Буровые штанги изготовляют из цельнотянутых стальных труб. Буровые штанги между собой соединяются конической замковой резьбой. С помощью такой же резьбы 1 соединяется и шарошечное долото с буровой штангой.

Промышленностью выпускается 13 типов трехшарошечных долот. Каждый тип долота предназначен для бурения пород с определенными свойствами.

Шарошки и лапы долот изготовляют в основном из хромоникелевой стали 12ХН2, 2ХН3А и никель-молибденовой стали 17Н3МА и подвергают химико-термической обработке.

При вращении бурового става и большом осевом усилии шарошки долота, перекатываясь по забою скважины, разрушают своими зубьями или штырями породу за счет ее смятия и раздавливания.

Принципиальное устройство станка шарошечного бурения показано на примере станка СБШ-250-32МН (СБШ-250МН) (рис. 5.9.), который предназначен для бурения вертикальных и наклонных скважин в сухих и обводненных, а также в трещиноватых породах.

Станок состоит из машинного отделения 2, гусеничного хода 4, кабины машиниста 5, мачты 7 и опор 6 для ее крепления. Все узлы рабочего органа смонтированы на мачте. Основные из них: вращательно-падающий механизм, кассета со штангами, механизм развинчивания штанг, верхний ключ с гидроприводом.

Мачта представляет собой пространственную сварную ферму, на верхней обвязке которой смонтирована опора блока механизма подачи, на нижней – установлены гидроцилиндры канатно-поршневой системы подачи бурового става, механизма развинчивания штанг и верхний ключ. Заваливание мачты станка при переездах осуществляется двумя гидроцилиндрами 1. При работе станок горизонтируется тремя гидродомкратами 3.

Буровой станок смонтирован на унифицированном гусеничном ходу УГ60. Привод гусеничного хода состоит из электродвигателя и четырехступенчатого бортового редуктора, ведущая звездочка которого приводит в движение гусеничную ленту.

Свинчивание и развинчивание буровых штанг и шарошечного долота осуществляется шпинделем вращателя.

Кассета секторного типа вмещает три буровые штанги длиной по 8 м.

Гидрооборудование станка обеспечивает создание осевого усилия на долоте, перемещение бурового става, свинчивание и развинчивание штанг и долота, подвод и отвод штанг в кассету, разбор и наращивание

бурового става, подъем и опускание мачты, горизонтирование станка на гидродомкратах.

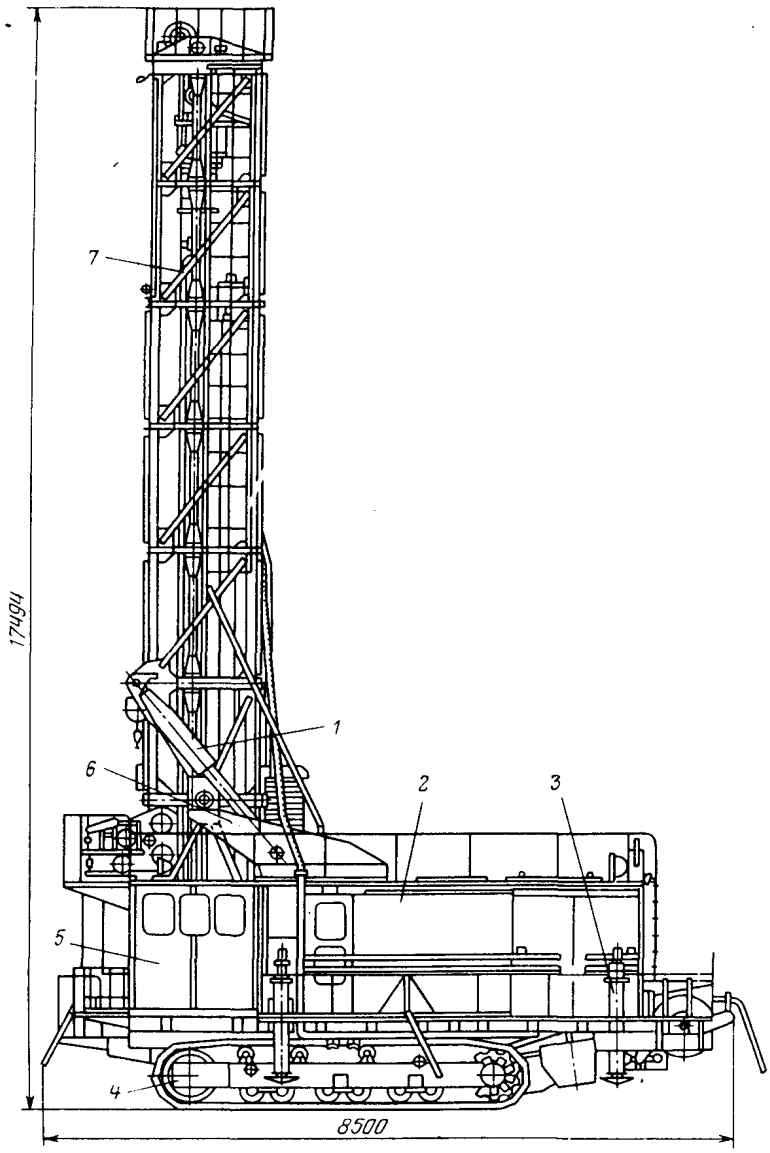


Рис. 5.9. Бурильный станок СБШ-250-32МН.

Для управления механизмами станка имеются три пульта. Основной пульт управления процессом бурения и вспомогательными операциями расположен в кабине машиниста, второй пульт – в нижней части мачты и предназначен для дублирования управления некоторыми операциями. Механизмом хода станка управляют с третьего, выносного пульта управления.

Технические данные станков шарошечного бурения приведены в табл. 5.3.

Наибольшую установленную мощность привода имеют винтовые компрессоры, которые предназначены для продувки скважин с применением на станке систем сухого или мокрого пылеулавливания.

Обслуживают во время работы шарошечные буровые станки машинист и помощник машиниста, которые должны иметь документы на право управления шарошечными станками. Машинист станка ответственен за соблюдение правил безопасности членами бригады в своей смене.

Кроме соблюдения общих норм и правил безопасности по ведению буровзрывных работ на карьерах, необходимо перед началом работы: проверять исправность заземления, производить внешний осмотр питающего кабеля, проверять работу всех механизмов на холостом ходу.

При переезде станка помощник машиниста должен находится в зоне видимости машиниста и следить за электрическим кабелем. При переезде на расстояние более 100 м мачта станка должна быть опущена и приведена в транспортное положение.

Перед началом работы или перед включением какого-либо механизма машинист обязан подать звуковой сигнал, а по окончании работ – обесточить станок.

Отбойные молотки относятся к ручным машинам ударного действия и предназначены для отбойки угля, слабых пород и руд, дробления крупных кусков и образования лунок при креплении выработок и прокладке водосборных канавок. В отечественной горной промышленности отбойные молотки начали применяться с 1904 г. и в настоящее время получили широкое распространение при проходческих, очистных, подготовительных и строительных работах.

В последние годы наибольшее распространение получили пневматические отбойные молотки МО-5П, МО-6П, МО-7П, имеющие одинаковую конструкцию и отличающиеся в основном габаритами и массой.

Отбойный молоток МО-6П (рис. 5.10) представляет собой ствол 10 с рукояткой 1. Внутри ствола находится ударник 12 и воздухо-распределительное устройство, состоящее из клапанной коробки 7, кольцевого клапана 8 и седла клапана 9.

Таблица 5.3.

Параметры	2СБШ-200-40	4СБШ-200-40	3СБШ-200-60	СБШ-250-32МН	СБШ-250-55	СБШ-320-36
Диаметр долота, мм	215,9 244,5	215,9 244,5	215,9 244,5	244,5 269,9	244,5 269,9	320
Глубина бурения скважины м, не более	40	40	60	32	55	36
Длина буровой штанги, м	8	8	12	8	10	17,5
Ход непрерывной передачи, м	1	1	1	8	11,5	17,5
Осевое усилие, кН, не более	300	300	300	300	296	600
Скорость подачи/подъема бурового става, м/с	0,025/0,51	0,025/0,51	0,033/0,4	0,017/0,61	0,025/0,63	0,014/0,22
Максимальная частота вращения долота, $с^{-1}$	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,1
Максимальный крутящий момент на вращателе, кН·м	6,65	5,2	6,0	4,2	4,2	8,7
Мощность электродвигателей, кВт: установленная вращателя хода компрессора	 335 52 - 200	 380 52 44 200	 400 68 44 200	 400 68 44 200	 400 68 44 200	 712 100 44 2×200
Ходовое оборудование (тип)	-	УГ-60	Э-1602	УГ-60	УГ-60	ЭГ-400
Скорость передвижения станка, км/ч	0,6	0,77	0,75	0,77	0,84	0,33
Давление гусениц на грунт, МПа	0,1	0,1	0,1	0,12	0,12	0,11
Габариты станка в рабочем положении, мм		10200×5000× ×14300	10100×5300× ×18400	9200×5450× ×15300	11200×5240× ×17730	12500×5450 ×25200
Масса станка, т	54	64	64	66	85	110

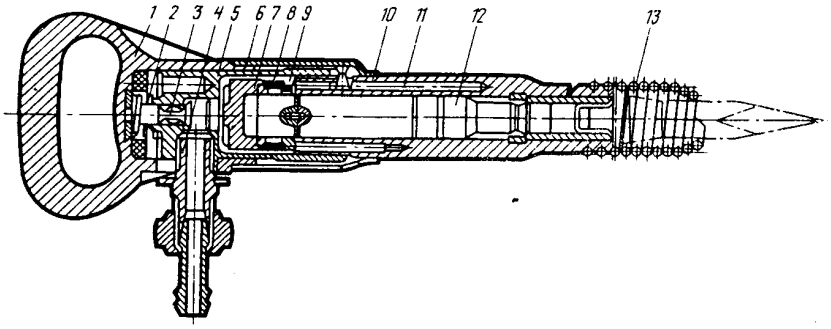


Рис. 5.10. Отбойный молоток МО-6П.

Узел рукоятки с пусковым устройством состоит из собственно рукоятки 1, пружины 2, вентиля 3, промежуточного звена 5 и футорки 4. промежуточное звено навинчено на ствол и стопорится фиксатором, удерживаемым от выпадания стопорным кольцом 6.

Хвостовик пики вставляется в буксу ствола и удерживается концевой пружиной 13.

При нажатии на рукоятку 1 вентиль 3 перемещается и открывает доступ сжатого воздуха к клапанному воздухораспределительному устройству, с помощью которого воздух поступает по каналам 11 поочередно от камеры прямого и обратного хода ударника, заставляя его совершать возвратно-поступательное движение.

Рабочим инструментом отбойного молотка служит пика, которая изготовляется из обычной буровой стали с цилиндрическим хвостовиком и буртиком, предназначенным для удержания ее концевой пружиной от выпадания из отбойного молотка.

Острие пики имеет обычно коническую или пирамидальную форму.

Рабочий действует отбойным молотком как рычагом, отбивая уголь, руду. Для отбойки слабых или трещиноватых пород используются пики длиной 300-400 мм, для крепких и вязких пород – длиной 150-300 мм.

Молоток выключается автоматически при снятии усилия с рукоятки.

В настоящее время промышленностью выпускаются молотки МО-2, МО-3 и готовится к серийному производству отбойный молоток МО-1 (табл. 5.4.).

Снижение вибрации в современных отбойных молотках по сравнению с ранее выпускавшимися достигнуто благодаря уменьшению массы и диаметра ударника; применения буферной камеры холостого хода; установки резинового амортизатора, отделяющего рукоятку от остальных деталей молотка. Молотки снабжаются глушителями шума.

Таблица 5.4.

Параметры	МО-1	МО-2	МО-3
Энергия удара, Дж	30	36,5	42,5
Частота ударов, $с^{-1}$	25	23	19
Расход сжатого воздуха, $м^3/с$	0,019	0,019	0,019
Масса, кг	7,2	7,7	8

Отбойные молотки смазываются 2-3 раза в смену. Для этого отвинчивается воздухоподводящий рукав и через футору в молоток заливается 30-40 г смазки. Затем, продув рукав с помощью сжатого воздуха, подсоединяют его с помощью ниппеля к молотку.

Производительность труда при работе отбойными молотками в значительной мере зависит от организации труда в бригаде и ухода за отбойным молотком. Необходимо, чтобы пика была хорошо заточена. При сильном нагреве хвостовика пику необходимо заменить, чтобы не произошло ее заклинивания в буксе.

Нужно постоянно следить за плотностью резьбового соединения ствола и промежуточного звена.

Рабочий, использующий отбойный молоток, должен хорошо знать конструкцию молотка и правила его эксплуатации. Разрешается работать только исправным молотком. Вставляя пику в молоток, необходимо держать ее в сторону, направляя к породе, для предотвращения травмирования себя и окружающих при случайном включении молотка.

Не реже 1 раза в месяц в мастерской должно производится техническое обслуживание молотка с его разборкой и промывкой деталей.

Лекция 6

ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ БУРИЛЬНЫХ УСТАНОВОК И СТАНКОВ

Техническая производительность бурильных установок определяется количеством пробуренных метров шпуров за 1 ч времени работы установки с учетом затрат времени на выполнение необходимых вспомогательных операций и ликвидацию отказов при использовании установок в типичных условиях эксплуатации:

$$Q_{тех} = 60к_г к_о n\left(\frac{1}{v_M} + \frac{1}{v_{о.х}} + \frac{T_з}{B} + \frac{T_н + T_{зб}}{L}\right)^{-1}, \qquad (6.1)$$

где $Q_{тех}$ – техническая производительность, м/ч; $k_г$ – коэффициент готовности установки; $k_о$ – коэффициент одновременности; n – число бурильных машин на установке; $v_м$ – механическая скорость бурения шпуров, м/мин; $v_{ох}$ – скорость обратного хода бурильной головки, м/мин (определяется техническими возможностями податчика); $T_з$ – время замены коронки, мин; B – скорость коронки на одну заточку, м; $T_н$ – время наведения бурильной машины с одного шпура на другой, мин; $T_{зб}$ – время забуривания шпура, мин; L – глубина шпура, м.

Механическая скорость бурения шпуров ($v_м$) зависит в основном от крепости горных пород – основного фактора, определяющего выбор бурильной головки (вращательного, вращательно-ударного или ударно-вращательного действия). Например, для бурения слабых пород (f до 8) применяется установка БУЭ-1М (УБШ-204) с бурильной головкой вращательного действия;

для бурения пород средней крепости (f = 8÷12) – установка БУ-1Б (УБШ202) с бурильной головкой вращательно-ударного действия; при бурении крепких пород (f = 12 и выше) – УБШ532Д с бурильной головкой ударно-вращательного действия.

Коэффициент готовности бурильных установок изменяется для различных конструкций от $к_г$ = 0,7 до $к_г$ = 0,93.

Коэффициент одновременности $к_о$ = 1; 0,8; 0,7 при числе бурильных машин n равным соответственно 1; 2; 3.

Техническая производительность станков для подземного бурения глубоких скважин

$$Q_{тех} = 60к_г к_о n\left(\frac{aL}{v_H\left(1 - e^{-aL}\right)} + \left(\frac{L}{B} + 1\right)\frac{t_H + t_p}{2l} + \frac{T_з}{B} + \frac{T_п + \left(T_H + T_{зб}\right)m}{mL}\right)^{-1}, \qquad (6.2)$$

где a ≈ 0,4 – показатель снижения скорости бурения с ростом глубины буримой скважины L, m; v_H – начальная механическая скорость бурения, м/мин; $l_р$ – длина штанги, м; t_H – время навинчивания одной штанги, мин; $t_р$ – время развинчивания одной штанги, мин; $T_п$ – время передвижения станка от одного веера буримых скважин к другому, мин; m – число скважин в веере; e – основание натурального логарифма.

Техническая производительность буровых станков, применяемых на открытых горных работах,

$$Q_{тех} = 60к_г\left(\frac{1}{v_б} + \frac{T_{к.о} + T_{м.о} + T_{з.д}}{L}\right)^{-1}, \qquad (6.3)$$

где $v_б$ – скорость бурения в конкретных горно-геологических условиях, м/мин; $T_{к.о}$ – время, затрачиваемое на выполнение концевых операций, мин (наращивание и разборка буровых штанг, холостой ход гидроцилиндров подачи и т.п.); $T_{м.о.}$ – время, затрачиваемое на выполнение маневровых операций, мин (переезд станка от скважины к скважине, горизонтирование станка с помощью гидродомкратов); $T_{з-д}$ – время на замену долота, мин.

Коэффициент готовности $к_г$ станков шарошечного бурения находится в пределах 0,82-0,93.

Эксплуатационная производительность учитывает кроме технической производительности еще затраты времени на подготовительно-заключительные операции и простои по организационным причинам.

Обычно для бурильных станков и установок рассчитывают сменную эксплуатационную производительность $Q_{см}$ (т/смену) по формуле:

$$Q_{см} = Q_{тех}\,(T_{см} - T_{пз} - T_{о.п}), \qquad (6.4)$$

где $T_{см}$ – продолжительность смены, ч; $T_{пз}$ – затраты времени на подготовительно-заключительные операции, ч; $T_{о.п}$ – простои по организационным причинам, ч.

Лекция 7

ГОРНЫЕ МАШИНЫ И КОМПЛЕКСЫ ДЛЯ ПОДЗЕМНОЙ ДОБЫЧИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ. КЛАССИФИКАЦИЯ И ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ СРЕДСТВ МЕХАНИЗАЦИИ

Разнообразие горно-геологических условий залегания угольных пластов в различных бассейнах страны и часто в пределах одного месторождения, нестабильность физико-механических свойств угля и вмещающих его пород, многооперационность технологического процесса выемки угля и проведения горных подготовительных выработок обусловили большое разнообразие схем и средств механизации горных работ.

В настоящее время технологический процесс механизированой выемки угля в длинных забоях предусматривает в самом общем виде три основных процесса: собственно выемку (отделение и погрузку) угля; доставку отделенного от массива и погруженного угля; крепление и управление кровлей.

Средства механизации указанных процессов существенно различаются между собой в силу специфики выполняемых ими функций. Однако в общей схеме механизации технологического процесса выемки угля эти средства могут быть объединены для совместной работы путем наложения на них технологических, кинематических и конструктивных связей.

Технологическая связь осуществляется согласованием с технологическим процессом обособленных машин для их целесообразного сочетания. Она обязательна и при наличии других видов связей.

Кинематическая связь осуществляется сочленением технологически согласованных и сохранивших свою индивидуальность функциональных машин.

Конструктивная связь осуществляется совмещением базовых элементов (базисная связь) технологически согласованных и кинематически увязанных функциональных машин. Она всегда приводит к изменению конструкции индивидуальных машин и потере ими своей обособленности.

Разнообразные средства и схемы механизации процесса выемки угля или проведения горных выработок могут быть классифицированы по функциональному признаку (назначению) горных машин и виду связей между ними.

Присвоим для этого горным машинам, выполняющим определенные функции, соответствующие символы: В – выемочная машина (очистная или проходческая), Д – доставочная машина, К – механизированная крепь. Обозначим также знаками: «-» технологическую связь, «+» кинематическую связь и «.» конструктивную связь.

Понятие «выемочная машина» (В) является обобщенным для таких добычных и проходческих машин как врубовая машина, врубонавалочная машина, очистной комбайн, угольный струг, проходческий комбайн. Его удобно использовать в тех случаях, когда речь идет о классе машин, а не о конкретных представителях этого класса.

С учетом принятых обозначений представлена классификационная схема средств механизации горных работ (рис. 7.1), которая, отражая многообразие средств механизации, характеризует одновременно и качественную ступень развития средств механизации горных работ.

История развития средств механизации подземной добычи пластовых месторождений (в первую очередь угля) в Советском Союзе охватывает четыре этапа:

1-й – частично механизированная выемка полезных ископаемых;

2-й – механизированная; 3-й – комплексно-механизированная и частично-автоматизированная; 4-й – агрегатная автоматизированная, без постоянного присутствия людей в очистном забое.

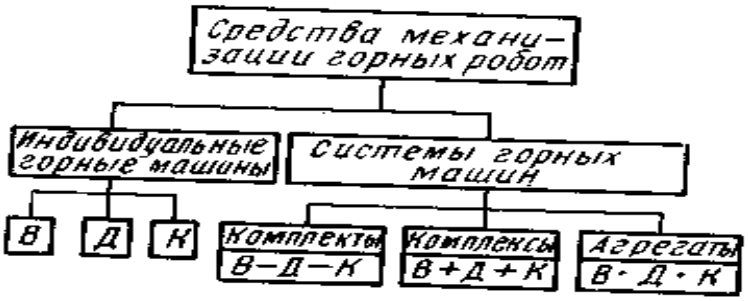


Рис. 7.1. Классификационная схема средств механизации горных работ

Для первого этапа характерно применение индивидуальных горных машин. Для механизации наиболее трудоемких процессов в очистном забое по подрубке пласта полезного ископаемого, его отбойке и навалке на средства доставки применялись широкозахватные выемочные машины: врубовые, врубонавалочные машины и очистные комбайны, исполнительный орган которых имел ширину захвата более 1 м.

В качестве доставочных машин применялись качающиеся и одноцепные скребковые разборные конвейеры. Призабойное пространство в очистном забое крепилось индивидуальной деревянной, а затем металлической крепью, включающей призабойные стойки, верхняки и посадочные стойки. Последние применялись для управления кровлей способом полного обрушения.

Подрубка пласта полезного ископаемого производилась врубовыми и реже врубонавалочными машинами с цепным исполнительным органом (баром). Отбойка полезного ископаемого после подрубки осуществлялась с помощью буровзрывных работ (БВР), предусматривающих бурение шпуров ручными электросверлами, их заряжание взрывчатым веществом (ВВ) и взрывание зарядов. После проветривания забоя производилась навалка (погрузка) полезного ископаемого на забойный конвейер вручную с помо-

щью лопат. И только при оснащении забоев врубонавалочными машинами процесс навалки отбитого угля частично механизировался (ручным способом продолжали грузить 50-60% отбитого угля).

Первые врубовые машины были выпущены Горловским машиностроительным заводом в конце 20-х годов текущего столетия. Наибольшее количество врубовых машин типов ГТКЗМ, ГТК35, МВ60, КМП1, КМП2 было выпущено Горловским им. С.М. Кирова и Копейским им. С.М. Кирова заводами в период с 1945 по 1955 гг. Операции подрубки пласта полезного ископаемого, буровзрывной отбойки его, навалки на транспортное средство и крепления призабойного пространства осуществлялись последовательно во времени. Весьма трудоемкими являлись также выполняемые вручную операции по разборке, переноске на новую дорогу и сборке забойного конвейера и управлению кровлей (наиболее часто способом полного обрушения) в очистном забое. Поэтому при разработке врубовых машин суточная добыча из очистного забоя, стабилизировавшаяся примерно в конце 50-х годов при массовом поступлении на шахты мощных врубовых машин МВ60 и КМП1, составляла всего в среднем 150-175 т, а производительность труда рабочих по очистному забою 2,5-3 т на выход.

В СССР еще в предвоенные годы (конец 30-х годов) началось создание очистных широкозахватных комбайнов и были выпущены их первые экспериментальные и опытные образцы. В 1948 г. был создан комбайн «Донбасс», а затем – его модификации. Цепной исполнительный орган комбайна (кольцевой бар) прорезал в забое кольцевую щель. Подрезанная пачка угля дробилась отбойной штангой комбайна. Отделенный от массива пласта уголь грузился одновременно с работой исполнительного органа при помощи кольцевого скребкового грузчика, имеющего самостоятельный привод. Электродвигатель и механизм подачи комбайна с канатным органом перемещения были заимствованы от мощной врубовой машины МВ-60. Массовое поступление на шахты широкозахватных комбайнов типа «Донбасс» позволило широко внедрить на пологих и пологонаклонных пластах широкозахватные комплекты машин. Крепь применялась индивидуальная.

Совмещение во времени процессов зарубки, отбойки, навалки и доставки угля позволило интенсифицировать добычу угля практически в два раза, повысить суточную добычу и производительность труда рабочих по очистному забою по сравнению с забоями, оснащенными врубовыми машинами (в зависимости от мощности пласта $Q_{сут}$ = 250÷450 т, $q_з$ = 4,5÷5,0 т/выход). Однако и при широкомасштабных комбайнах такие производственные процессы в очистном забое, как переноска забой-

ного конвейера, крепление и управление кровлей, оставались еще не механизированными.

В настоящее время заводами угольного машиностроения выпускается ежегодно 50-60 врубовых машин типа «Урал-33» и примерно столько же широкозахватных комбайнов типа «Кировец» и «2КЦТГ» для работы на тонких пластах Донбасса. Врубовые машины частично применяются на шахтах угольной промышленности, но главным образом, на шахтах топливной промышленности России.

Для второго этапа характерно применение узкозахватных очистных комбайнов (ширина захвата исполнительных органов менее 1 м) сперва с барабанными (на горизонтальных осях вращения), а затем со шнековыми исполнительными органами, цельнопередвижных (передвигаемых «волной» или фронтально) скребковых конвейеров и средств передвижки последних. Появилась новая конструкция забойного конвейера, которая при этом, помимо своего основного назначения, стала выполнять роль направляющей для комбайна. Передвижку конвейера и комбайна (поскольку он расположен на конвейере) на новую дорогу стали производить с помощью гидравлических домкратов. Новая технология позволила производить выемку полезного ископаемого по челноковой схеме (без холостого хода комбайна, обычно вниз по забою) и совмещать по времени операции отбойки, навалки, доставки, передвижки забойного конвейера, крепления обнаженного пространства и управления кровлей вслед за движущимся комбайном. Стала широко применяться индивидуальная металлическая крепь облегченного типа (стойки и верхняки), клиновые стойки трения стали вытесняться гидравлическими стойками внутреннего питания. Для управления кровлей была разработана металлическая посадочная крепь. Появился гидропривод, который позволил создать узкозахватные комбайны с бесступенчатым регулированием скорости подачи и с регулируемым по мощности пласта исполнительным органом, а также механическая система подачи с канатным органом перемещения на всю длину очистного забоя. Скорости подачи комбайнов возросли сперва от 1 до 3 м/мин, а затем и до 6 м/мин.

Значительно сократились непроизводительные простои оборудования в очистном забое в результате применения узкозахватных комплектов оборудования, что в целом обеспечило увеличение нагрузки на забой в среднем до 500 т/сут и рост производительности труда в очистных забоях до 8-9 т/выход.

Создание очистных узкозахватных комбайнов и передвижных забойных конвейеров и размещение комбайна на раме конвейера у забоя в бесстоечном пространстве позволило создать механизированные гидро-

фицированные крепи и решить проблему создания очистных механизированных комплексов.

В конце 50-х годов наряду с узкозахватными комбайнами появились также первые промышленные образцы струговых установок, давших толчок к созданию струговых агрегатов.

Для третьего этапа характерно применение очистных узкозахватных комплексов. С помощью гидрофицированной механизированной крепи удалось механизировать такие трудоемкие процессы, как крепление призабойного пространства и управление кровлей, и существенно повысить безопасность работ в очистных забоях.

В отличие от комплектов (от лат. слова *completes* – полный), представляющих семейство наборов кинематически не связанных между собой индивидуальных машин, необходимых и достаточных для механизации технологического процесса выемки угля, очистные комплексы представляют собой семейство кинематически связанных, но сохранивших свои индивидуальные особенности машин, комплексо-механизирующих все основные операции технологического процесса выемки угля. Они названы очистными комплексами (от лат. слова *komplexus* – связь).

В очистных комбайновых или струговых комплексах выделялись три основные машины: комбайн (струг), забойный изгибающийся или передвигающийся фронтально (одновременно по всей длине забоя) скребковый конвейер и механизированная крепь. В состав комплекса также входят: крепь сопряжений очистного забоя со штреками, насосные станции для питания гидросистемы механизированной крепи, органы перемещения которой передвигают также и забойный конвейер, станция орошения для борьбы с пылью в забое, энергопоезд, кабелешлангоукладчик для механизированной укладки, для движения комбайна силового электрического кабеля и шлангов для подачи к комбайну орошающей жидкости в желоб со стороны выработанного пространства забойного конвейера. Забойный конвейер, кроме функции направляющей рамы для движения комбайна или струга, стал выполнять функции опорной балки (базы) для перемещения на забой механизированной крепи вслед за проходом комбайна (струга).

На данном этапе были достигнуты частичная автоматизация основных и вспомогательных процессов в очистном забое, дистанционное управление машиной с переносного пульта управления и механизация трудоемкой операции по выемке ниш по концам забоя. Эта операция выполняется очистным комбайном, для чего потребовалось усовершенствовать конструкцию его исполнительного органа. Очистной комбайн сперва зарубается в пласт в нижнем или верхнем конце очистного забоя на величину полезного захвата исполнительного органа (затрачивая на эту операцию

20–30 мин), а затем совершает рабочий ход в заданном направлении. Механизация не только основных, но и вспомогательных операций в очистном забое и на примыкающих к нему штреках (комплексная механизация) сделала труд шахтера менее тяжелым и более производительным. Средняя производительность труда рабочих в комплексно-механизированных очистных забоях составляет 16–18 т/выход, а суточная добыча – 900–1100 т.

Для четвертого этапа характерно применение угледобывающих агрегатов с исполнительными органами стругового или конвейерно-стругового типов.

Агрегатами называются семейства технологически согласованных, кинематически увязанных и совмещенных базовыми элементами функциональных машин и элементов, выполняющих все операции технологического процесса в очистном или проходческом забое (от лат слова *agregatus* – соединенный). Впервые созданием агрегатов стали заниматься в нашей стране в середине 60-х годов. Эта работа продолжается и в настоящее время. Современный агрегат осуществляет: выемку угля по всей длине очистного забоя и мощности пласта, навалку угля на забойный конвейер (на пологих и пологонаклонных пластах) и доставку его по забою. Одновременно с выемкой угля производится фронтальная передвижка базовых секций крепи, а затем фронтально-групповая передвижка посадочных секций. Управление агрегатом осуществляется автоматически или дистанционно с расположенного на штреке пульта управления, поэтому присутствие людей в очистном забое при работе агрегата исключается. Люди в забое должны появляться только для ликвидации возможных отказов элементов агрегата, расположенных в очистном забое, а также для проведения плановых работ по техническому и ремонтному обслуживанию агрегата.

При одинаковой производительности с очистными комплексами агрегат может обеспечить в 2,5–3 раза большую производительность труда рабочих.

Лекция 8

ОЧИСТНЫЕ КОМБАЙНЫ

Очистной комбайн – это комбинированная горная машина, которая механизирует одновременно технологические операции в очистном забое по отделению полезного ископаемого от массива пласта и погрузки его на транспортную машину.

Основные функциональные элементы современных комбайнов (рис. 8.1): исполнительный орган 1, осуществляющий разрушение (отделение от массива пласта) полезного ископаемого и, как правило, погрузку его на забойную транспортную машину; механизм подачи 6 (перемещения вдоль линии очистного забоя или на забой) комбайна и привод, состоящий из одного или нескольких электродвигателей 5 (или пневмодвигателей) и редуктора 4, 2, передающих крутящий момент от двигателей на валы исполнительного органа и ведущей звездочки (или цевочного колеса) механизма подачи. Комбайн имеет также опорные лыжи 3 и погрузочные щитки 8 (в рабочем положении) и 7 (в транспортном положении).

По ширине захвата $B_з$ исполнительного органа (см. рис. 8.1) различают комбайны широко- и узкозахватные. Первые имеют ширину захвата более 1 м (1,6,1,8,2 м), вторые – до 1 м.

В настоящее время широкозахватные комбайны почти полностью вытеснены современными узкозахватными комбайнами.

Узкозахватный комбайн – основная машина современных очистных механизированных комплексов.

В зависимости от угла падения пласта различают комбайны для полого – (угол падения до 35^0 с) и крутонаклонных (угол падения более 35^0 С) пластов. При углах падения пластов до 35^0 С необходимо применение механических средств доставки угля из очистного забоя. При углах падения более 35^0С уголь перемещается вниз по очистному забою под действием гравитационных сил.

По мощности вынимаемых пластов $H_{пл}$ различают комбайны для тонких пластов $H_{пл}$<1,2 м, для пластов мощностью $H_{пл}$ = 1,2÷2,5 м и пластов $H_{пл}$ > 2,5 м.

Исполнительные органы очистных комбайнов работают в тяжелых условиях, так как им приходится разрушать не только угли с сопротивляемостью резанию от 60 до 350 кН/м, но и породные прослойки и включения, содержащиеся в пластах и имеющие высокие крепость и абразивность.

К исполнительным органам предъявляется ряд требований: разрушение массива пласта угля на транспортабельные куски с одновременной погрузкой горной массы на доставочные средства при простых конструктивных решениях; высокая надежность и производительность по разрушению и погрузке угля; небольшое измельчение угля при малом удельном расходе энергии и малое пылеобразование; высокий механический коэффициент полезного действия; возможность осуществления самозарубки исполнительного органа в пласт, удобства регулирования его по мощности пласта в процессе работы комбайна и обеспечения работы комбайна как по челноко-

вой, так и по односторонней схеме; высокая технологичность изготовления, надежное крепление резцов в резцедержателях и удобство их замены при износе или других механических повреждениях; безопасное применение в шахтах, опасных по газу и пыли.

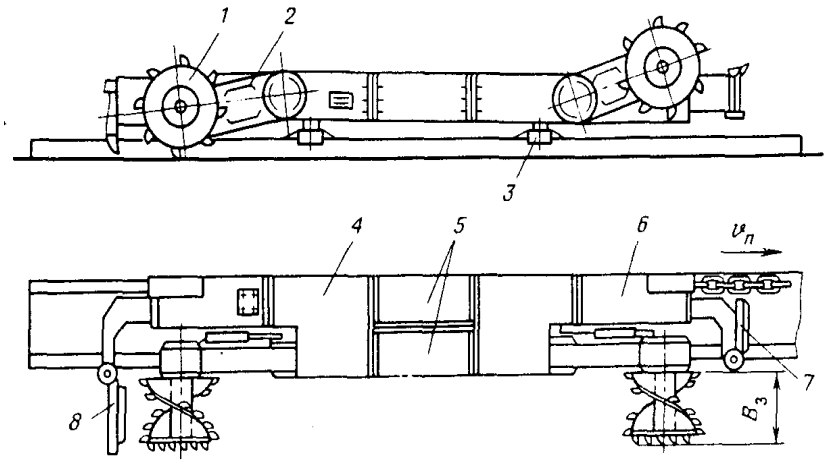


Рис. 8.1. Принципиальная конструктивная схема очистного узкозахватного комбайна.

Указанным требованиям в наибольшей мере отвечают шнековые исполнительные органы с горизонтально расположенными осями вращения, которые получили преимущественное применение в современных очистных узкозахватных комбайнах.

Шнек (рис. 8.2) состоит из трубы 1, на которую приварены (или отлиты) винтовые лопасти 2, несущие кулаки 3 для закрепления в них резцов. Винтовые лопасти осуществляют погрузку отбитого резцами угля на забойный конвейер. Выпускаются шнеки в двух исполнениях, отличающихся направлением винтовых лопастей, для работы в правом и левом забоях. С забойного торца шнека располагается диск (лобовина) 4, на котором устанавливается увеличенное число резцов 5 для обработки кутковой части забоя.

Чтобы осуществить фронтальное внедрение шнеков в угольный пласт, не выполняя комбайном косых заездов, в лобовине шнека делаются проемы.

Конструктивные параметры шнековых исполнительных органов следующие: диаметр исполнительного органа $D_ш$, м (диаметр шнека по концам установленных на нем резцов); внутренний диаметр погрузочной лопасти (диаметр ступицы шнека) $d_ш$, м; толщина винта шнека $\delta_ш$, м; число заходов шнека $N_з$ (обычно два или три); угол подъема винта шнека $a_ш$, градус.

Полезная ширина захвата шнеков $B_з$ составляет: 0,5; 0,63; 0,8 м.

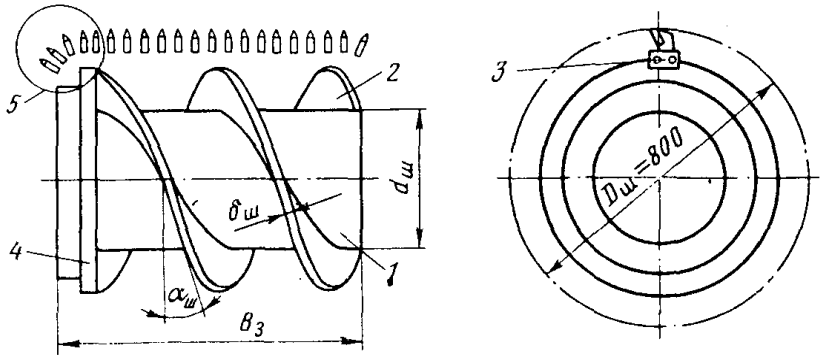


Рис. 8.2. Шнек очистного комбайна.

При выемке мощных пластов применяются шнеки обычно с небольшой шириной захвата – 0,5 м. Для пластов мощностью до 1 м ширина захвата составляет 0,8 м.

Основные преимущества шнековых исполнительных органов: совмещение функций отделения угля от массива пласта и погрузки его на конвейер; удобство регулирования по мощности пласта; возможность осуществления самозарубки; безотказность и достаточно высокий технический ресурс.

При правильно выбранных конструктивных и режимных параметрах собственно шнеками можно погрузить до 60–70% отбиваемой горной массы. Для увеличения полноты погрузки применяют дополнительно погрузочные устройства 8 (см. рис. 8.1), удерживающие отбитый уголь в зоне работы шнека.

Наряду со шнековыми применяются также барабанные исполнительные органы. Барабанный исполнительный орган с горизонтальной осью вращения представляет собой цилиндр, на внешней поверхности

которого в определенной последовательности закреплены кулаки с резцами. Он прост по конструкции, но не может грузить уголь на конвейер и обеспечивать самозарубку комбайна в угольный пласт. Поэтому барабанные исполнительные органы применяют в очистных комбайнах для выемки угля из крутых пластов при работе по односторонней схеме снизу – вверх, когда исключается выгрузка угля из уступа забоя.

Барабанные исполнительные органы с вертикальной осью вращения применяют на комбайнах МК67М и КА80.

Рабочим инструментом исполнительных органов очистных комбайнов являются резцы различной конструкции. По виду резцы очистных комбайнов подразделяют на радиальные и тангенциальные (рис. 8.3).

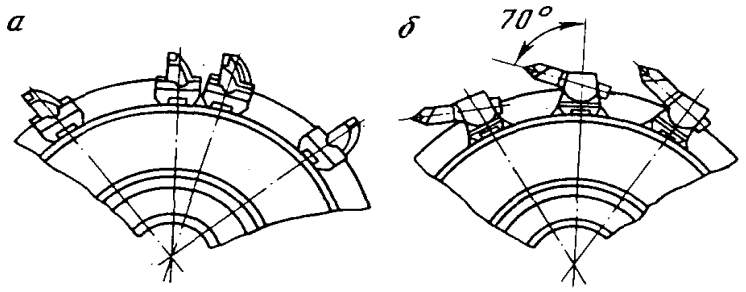


Рис. 8.3. Резцы: а – радиальные, б – тангенциальные.

Радиальные резцы (рис. 8.3а) устанавливаются в резцедержателях (кулаках) исполнительного органа по радиусу шнека или барабана. При этом ось державки резца перпендикулярна к линии резания. Тангенциальные резцы (рис. 8.3б) устанавливаются в резцедержателях под острым углом к радиусу. Они предназначены для отделения угля стружками большого сечения и поэтому применяются на очистных комбайнах при работе на углях не выше средней крепости (с сопротивляемостью угля резанию до 200-250 кН/м).

Конструкции резцов, устанавливаемых на исполнительных органах очистных комбайнов, показаны на рис. 8.4.

Резец радиальный однолезвийный РО-65 предназначен для исполнительных органов комбайнов для выемки тонких пластов любой абразивности с сопротивляемостью резанию до 350 кН/м для хрупких и 300 кН/м для вязких углей.

Резцы 3Р4-80 и 3Р2-80 имеют увеличенный до 80 мм вылет резца, предназначены для очистных комбайнов, имеющих повышенную энерговооруженность и работающих при большом сечении среза. Могут работать на углях любой абразивности с сопротивляемостью резанию до 300 кН/м и крепостью возможных породных включений (f≤3) при их суммарной мощности не более 10% от вынимаемой мощности пласта.

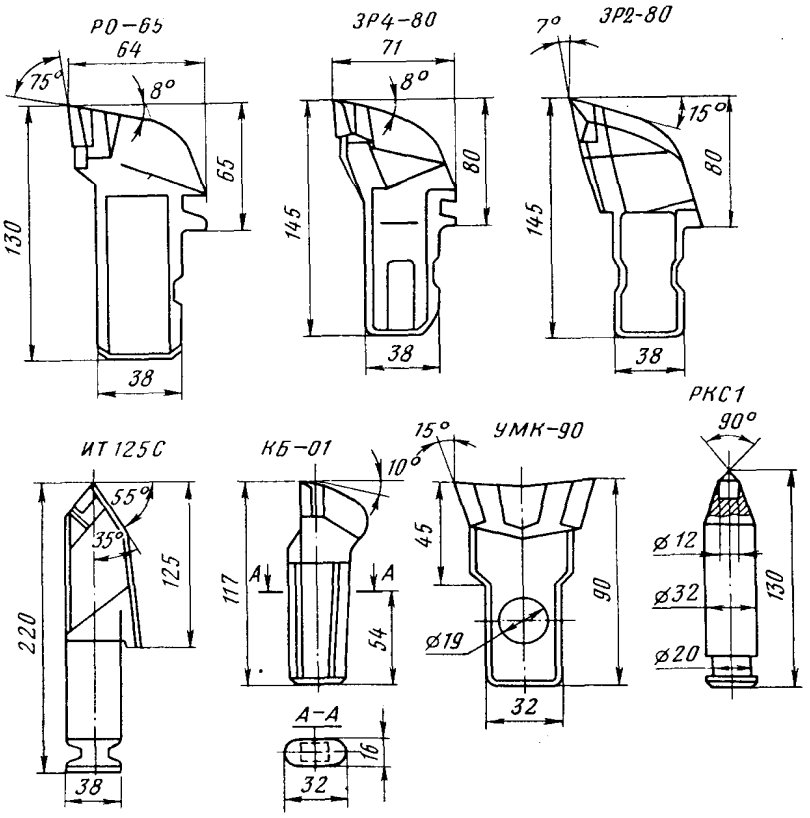


Рис. 8.4. Конструкции резцов очистных комбайнов.

Резец тангенциальный ИТ125С с вылетом 125 мм предназначен для шнековых исполнительных органов сланцедобывающих комбайнов при выемке сланца с сопротивляемостью резанию до 350 кН/м и угледо-

бывающих комбайнов при выемке углей с сопротивляемостью резанию 300 кН/м.

Тангенциальный вращающийся резец РКС1 предназначен для проходческих комбайнов, но применяется и для установки на шнеках очистных комбайнов.

Резцы КБ-01 используют в качестве торцовых резцов на шнеках, позволяющих осуществлять фронтальную самозарубку комбайна в угольный пласт.

Резец УМК-90 предназначен для барабанных исполнительных органов с вертикальными осями вращения.

Системы перемещения очистных комбайнов. Системы перемещения предназначены для передвижения комбайнов в процессе работы с необходимым тяговым (напорным) усилием, а также для передвижения при различных маневровых операциях. Широкое распространение в очистных комбайнах получили системы с гибкими тяговыми органами (цепные и канатные), бесцепные системы подачи и в ряде случаев гусеничные.

Систему перемещения очистного комбайна образуют гибкий тяговый орган или жесткий опорный (рейка) механизм перемещения и удерживающие устройства.

Механизм перемещения представляет собой редуктор, на выходном валу которого установлен ведущий элемент (цепная звезда), взаимодействующая с круглозвенной цепью, либо специальные зубчатые колеса, которые катятся по рейке.

Удерживающие устройства – это различные стопорные устройства, которые останавливают комбайн при выключении или отказе системы перемещения. Применение удерживающих устройств обязательно, если угол падения пласта больше 8^0 при установке комбайна на раме конвейера и больше 17^0 при перемещении комбайна по почве пласта. Удерживающие устройства должны обеспечивать остановку комбайна на пути не более 0,4 м с момента их включения.

В очистных комбайнах применяются встроенные и вынесенные системы перемещения.

Механизм перемещения встроенных систем устанавливается непосредственно в корпусе комбайна. При этом механизм перемещения и его ведущий элемент (звезда, колесо) движутся вместе с комбайном, а тяговый или опорный орган (цепь, рейка) неподвижен.

Схемы очистных комбайнов со встроенной системой перемещения, передвигающихся по раме забойного скребкового конвейера при помощи цепного тягового органа, показаны на рис. 8.6. Во встроенном механизме

перемещения 2 цепь 3 растянута вдоль рештачного става забойного конвейера. Ведущая звездочка 6, перемещаясь по натянутой цепи, заставляет двигаться комбайн в направлении вектора скорости подачи $\upsilon_п$. Отклоняющиеся звездочки 5 в комбайнах 1ГШ68, КШ1КГУ, КШЗМ (рис. 8.5а), 1К101У (рис.8.5б) кинематически связаны со звездами 6. На участке между звездами 6 и 5 цепь имеет слабину, поэтому ведущей является та звезда, на которую цепь набегает (в рассматриваемом случае – звезда 6). Звезда 5, с которой цепь сбегает, принудительно ее выталкивает.

При реверсе механизма перемещения функции звездочек меняются. По концам тяговой цепи могут устанавливаться компенсаторы 4 длины цепи (пружинные или гидравлические) и вертлюги 1 для самоцентровки цепи относительно направляющих роликов приводной и отклоняющей звездочек.

Тяговые цепи выпускаются четырех классов прочности A_1 , B_1, С и Д и двух степеней точности калибром от 14 до 32 м.

В системах подачи очистных комбайнов используют цепи классов прочности Д и реже С. Материалы цепи – стали 30ХГМА и 25ХГНМА. Для соединительных звеньев используют сталь 40ХНМА. Разрывное усилие цепей достигает 1000 кН. Цепи калибров 18 и 24 мм класса Д имеют, например, разрушающую нагрузку соответственно 480 и 860 кН. Цепь поставляется отрезками длиной по 25 м, которые состыковываются соединительными звеньями.

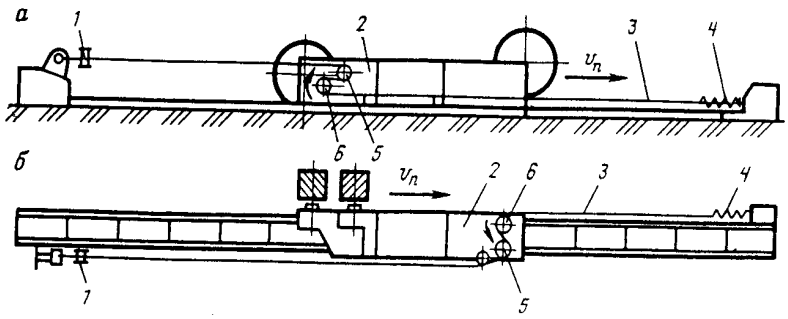


Рис. 8.5. Схемы очистных комбайнов
со встроенной системой перемещения

К недостаткам цепных тяговых органов относятся: создание опасной ситуации для рабочих при разрывах цепи и ее поперечных колеба-

ниях; большая амплитуда продольных колебаний и вследствие этого неравномерная подача комбайна, особенно при большой длине цепи (длине очистного забоя); необходимость применения предохранительной лебедки при углах падения пласта более 8^0 для предотвращения сползания комбайна на конвейере вниз по очистному забою в случае разрыва тяговой цепи, канат которой дополнительно загромождает стесненное рабочее пространство.

Поиски дальнейших путей совершенствования механизмов перемещения очистных комбайнов привели к созданию бесцепной системы подачи (БСП). Встроенная БСП (рис.8.6) не имеет тяговой цепи. Роль ее выполняет жесткая направляющая 3, состоящая из отдельных шарнирно-связанных между собой элементов. Комбайн 2 перемещается по раме 1 забойного конвейера с помощью ведущего элемента 1 бесцепной системы подачи. Ведущим элементом может быть приводимое во вращение звездочкой 4 цевочное колесо 5, находящееся в зацеплении с направляющей 3 в виде зубчатой рейки (рис. 8.6I'), или звездочка 4, обкатывающаяся непосредственно по направляющей в виде цевочной рейки (рис. 8.6I").

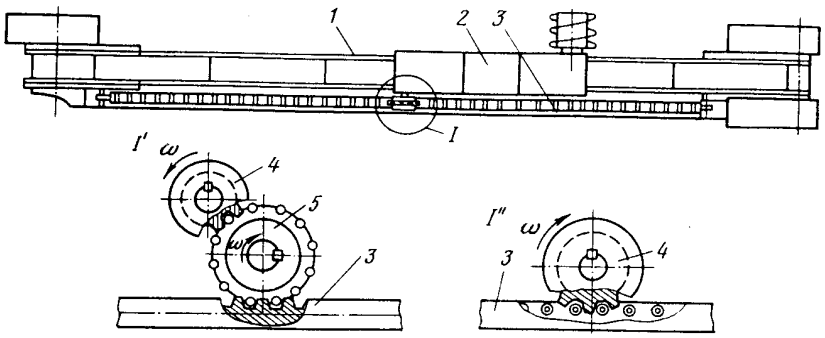


Рис. 8.6. Бесцепная система перемещения (БСП).

Преимущества БСП перед системами перемещения с цепными тяговыми органами следующие: повышается безопасность и улучшаются условия труда шахтеров в результате отсутствия тяговой цепи как потенциального источника травматизма, исключения несчастных случаев обрыва и колебаний цепи; отпадает необходимость в прицепных и натяжных устройствах тяговой цепи на приводах конвейеров и совмещаются операции по передвижке приводных головок забойных конвейеров с работой комбайна; значительно снижаются колебания скорости перемещения комбайна за счет

повышения жесткости опорного органа перемещения и, как следствие, снижаются динамические нагрузки в трансмиссиях комбайна; отпадает необходимость применения предохранительных канатов и предохранительных лебедок, устанавливаемых на вентиляционных штреках при работе комбайнов с цепными тяговыми органами в очистных забоях на пластах с углами падения более 8^0, а также устраняются в забое дополнительные цепи полиспастной системы при работе комбайнов на пластах, залегающих под углом до 35^0; более полно используется мощность электродвигателей очистных комбайнов, повышается производительность, безотказность и долговечность комбайнов.

Вынесенная система перемещения (ВСП) предназначается для очистных узкозахватных комбайнов, работающих на тонких пластах. Механизмы перемещения 1 (рис. 8.7) устанавливаются вне очистного комбайна на приводных головках конвейера (рис. 8.7а) или в прилегающих к очистному забою выработках (рис. 8.7б). Для этой системы перемещения характерны движущийся по забою тяговой орган (цепь 2 или канат 3) и один или два неподвижных механизма перемещения.

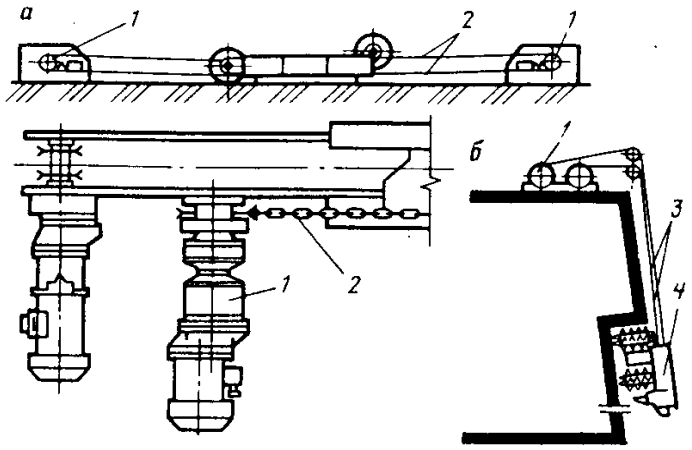


Рис. 8.7. Вынесенная система перемещения (ВСП):
а – механизм перемещения установлен на приводных головках конвейера;
б – механизм перемещения установлен на вентиляционном штреке

Применение ВСП позволяет уменьшить длину очистного комбайна (встроенная система перемещения удлиняет комбайн на 2,2 – 2,6 м), что улучшает его вписываемость в тонкие пласты. ВСП комбайнов, работающих на наклонных (более 35^0) и крутых пластах, состоит из тягово-предохранительной лебедки 1 типа 1ЛГКН, установленной на вентиляционном штреке. Лебедка объединяет в себе механизм перемещения и удерживающее устройство. Один из канатов 3 лебедки – тяговый, другой предохранительный, обеспечивающий удержание комбайна 4 в случае порыва тягового.

Структурные схемы механизмов перемещения очистного комбайна приведены на рис. 8.8. От вала электродвигателя ЭД (рис. 8.8а) вращающий момент передается через зубчатую передачу П1 вариатору скорости ВС и от него через вторую зубчатую передачу П2 – ведущему элементу ВЭ (звезда, колесо). Вариатор скорости представляет собой кинематическое звено, передаточное отношение которого плавно регулируется вручную или автоматически для изменения скорости и направления перемещения очистного комбайна. В вариаторе скорости обычно используют удобный для регулирования вид энергии: рабочей жидкости, выпрямленного электрического тока или электромагнитного поля.

Первый вариатор скорости гидравлический, второй и третий электрические. Механизмы перемещения с указанными вариаторами также соответственно называют гидравлическими и электрическими.

В гидравлических (или гидромеханических) механизмах перемещения применяют объемный гидропривод, позволяющий регулировать скорость подачи комбайна $\upsilon_п$ бесступенчато в широком диапазоне. Силовой контур вариатора скорости образуют насос Н регулируемой подачи и гидромотор ГМ, имеющий неизменную объемную постоянную, соединенные гидролиниями. Рабочая жидкость нагнетается насосом Н, приводит во вращение гидромотор ГМ и последующую кинематическую цепь. Регулируя с помощью насоса частоту вращения гидромотора и реверсируя его, изменяют скорость и направление перемещения очистного комбайна.

В качестве элементов объемного гидропривода механизмов перемещения используют насосы и гидромоторы радиально-поршневого и аксиально-поршневого типов.

Гидромоторы изготовляют двух типов: низкомоментные (с крутящим моментом до 0,5 кН·м и частотой вращения выходного вала до 6,6 $с^{-1}$) и высокомоментные (с крутящим моментом более 5 кН ·м и частотой вращения выходного вала 0,3-1,65 $с^{-1}$).

Очистные комбайны 1К101У, КШ1КГУ, КШЗМ имеют встроенные механизмы подачи с гидровставкой 1Г405, обеспечивающей скорость подачи до 6м/мин и максимальное тяговое усилие 180-250 Кн.

В гидравлических механизмах перемещения используют индустриальные дистиллятные масла сернокислотной очистки. Индустриальное масло И-40А обладает необходимой вязкостью и смазывающей способностью, оно не разрушает уплотнения на каучуковой основе. Температура масла в процессе работы не должна превышать 60^0 С.

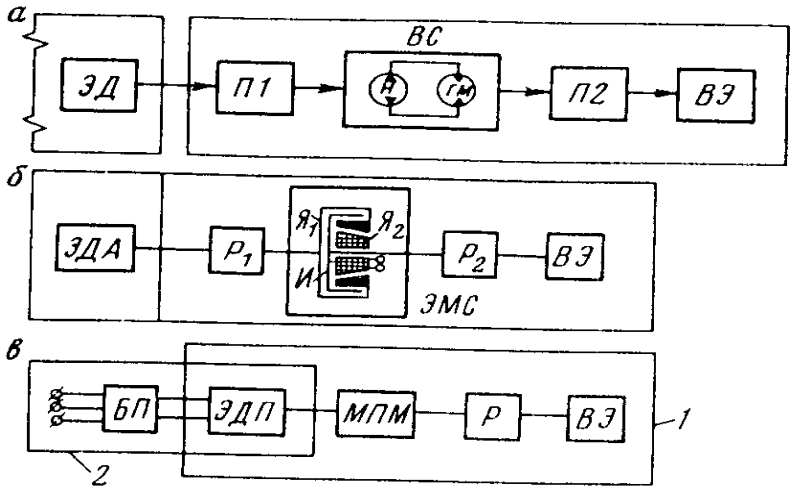


Рис. 8.8. Структурные схемы механизмов перемещения:
а – гидравлического; *б* – с электромагнитной муфтой скольжения;
в – с электродвигателем постоянного тока и тиристорным преобразователем

Электрический механизм перемещения, в котором в качестве вариатора скорости подачи комбайна используется электромагнитная муфта скольжения, применен в очистных комбайнах К103 и КА80 с вынесенной системой подачи ВСП2. Эта система обеспечивает автоматически стабилизацию нагрузки на комбайн регулированием скорости его перемещения.

Каждый из двух приводов ВСП2 (рис. 8.8б) имеет автономный асинхронный электродвигатель ЭДА, который через редуктор $Р_1$ вращает якорь $Я_1$ электромагнитной муфты скольжения ЭМС при подаче в неподвижное ярмо $Я_2$ и индуктора И, который через редуктор $Р_2$ связан с ведущим элементом ВЭ – приводной звездой тяговой цепи. Регулируя ток возбуждения,

можно менять частоту вращения индуктора И и вращающий момент на нем, обеспечивая тем самым требуемый режим работы комбайна.

Преимущество ВСП2 – относительная простота конструкции ЭМС и ее привода, недостатки – большие габариты ЭМС и ее ограниченная мощность.

Второе направление создания электрических механизмов перемещения – это использование в качестве вариатора скорости подачи комбайна электродвигателя постоянного тока. Для выпрямления переменного тока используется тиристорный преобразователь.

Тиристорный механизм перемещения 1 (рис. 8.8в) состоит из последовательно соединенных между собой электродвигателя постоянного тока ЭДП, муфты предельного момента МПМ и редуктора Р с ведущим элементом ВЭ на выходном валу. Блок питания БП электродвигателя постоянного тока (вариатора скорости) 2 выполнен на мощных управляемых теристорах, установлен на штреке и связан с ЭДП дополнительным гибким кабелем, проложенным по забою. Воздействуя на ток управления блоком питания БП, можно регулировать величину и изменять направление выпрямленного тока, изменяя таким образом скорость и направление перемещения комбайна. Для защиты механизма перемещения от быстро нарастающих нагрузок установлена муфта предельного момента МПМ. Данный электрический механизм перемещения имеет высокий КПД и может быть встроен в очистной комбайн.

Бесцепная электрическая система подачи с двигателями постоянного тока применена в комбайне 1КШЭ.

Силовое оборудование привода очистных комбайнов. Привод включает в себя силовое оборудование (двигатель), передаточные механизмы (трансмиссии), различные средства ручного, дистанционного и автоматического управления.

В очистных комбайнах наибольшее распространение получили асинхронные трехфазные короткозамкнутые электродвигатели переменного тока с частотой вращения 25 $с^{-1}$. Основным пока является напряжение электрического тока 660 В, но уже начат переход на напряжение 1140 В, что улучшает энергоснабжение очистных комбайнов и повышает их мощность.

По виду системы охлаждения выпускаются двигатели трех типов:

ЭКВ – с водяным охлаждением;

ЭДКО – с наружным обдувом;

ЭДК – необдуваемые (с внутренней циркуляцией воздуха). Здесь буквы Э и ЭД обозначают электродвигатель:

К – комбайновый, О – обдуваемый, В – с водяным охлаждением.

Номинальной мощностью электродвигателя является наибольшая полезная мощность на его валу, которую он способен создавать не перегреваясь.

Допустимая температура корпуса комбайновых электродвигателей составляет 100^0 С, обмотки статора 155^0 С. При кремнийорганической изоляции класса Н допускается нагрев обмоток до 180^0 С.

Температурный режим работы электродвигателей – один из основных критериев. Наиболее эффективно охлаждение двигателей водой. Если принять за 100% мощность не обдуваемого двигателя, то мощность обдуваемого двигателя составит 180-190%, а двигателя с водяным охлаждением – 300-350%.

Асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором имеют высокую перегрузочную способность. Максимальный вращающий момент достигается при скольжении 10-15% и в 2-3 раза превышает номинальный момент. Начальный пусковой момент составляет 75-85% максимального вращающего момента.

Взрывозащищенность электрооборудования очистных комбайнов обеспечивается взрывонепроницаемыми оболочками и искробезопасной электрической цепью. Оболочки не должны деформироваться и пропускать продукты взрыва в окружающую шахтную атмосферу при давлении в результате взрыва в оболочке метано-воздушной среды, достигающим 1 – 1,5 МПа.

На шахтах, где применение электропривода запрещено правилами безопасности, в горных машинах применяется пневмопривод. Пневматический привод в тех же габаритах, что и электрический, имеет значительную мощность, невысокий КПД, более сложное и менее надежное управление. Большая протяженность пневматической сети, ее низкий КПД и недостаточная прочность позволяют применять воздух с давлением только 0,3-0,4 МПа, что и является одной из основных причин относительно малой мощности комбайнов с пневмоприводом.

Передаточные механизмы приводов. Важная составная часть привода комбайна – его трансмиссия, соединяющая двигатель с рабочими органами. Вид кинематической схемы зависит от типа рабочего органа, приводимого в движение, соотношения частот вращения на входе и выходе привода, регулировочной способности, пусковых характеристик и мощности двигателя. В очистных комбайнах двигатели осями вращения могут быть расположены вдоль или поперек продольной оси машины. Шнеки большинства очистных комбайнов расположены на качающихся редукторах, обеспечивающих регулировку исполнительных органов по мощности пласта, а оси их вращения перпендикулярны по отношению к оси двигате-

ля. В этом случае трансмиссия предусматривает коническую зубчатую пару, которая в отличие от цилиндрических зубчатых пар обладает пониженной несущей способностью. Поэтому коническая пара располагается по возможности ближе к валу ротора, где передаваемый крутящий момент имеет меньшее значение как, например, в комбайне 2ГШ68Б (бесцепной), кинематическая схема которого приведена на рис. 8.9а.

При параллельном расположении осей валов двигателей и рабочих органов (например, в комбайнах К103, «Поиск – 2р») трансмиссии имеют только цилиндрические зубчатые пары. Так, в комбайне К103 (рис. 8.9б) кинематические цепи привода правого и левого шнеков одинаковы.

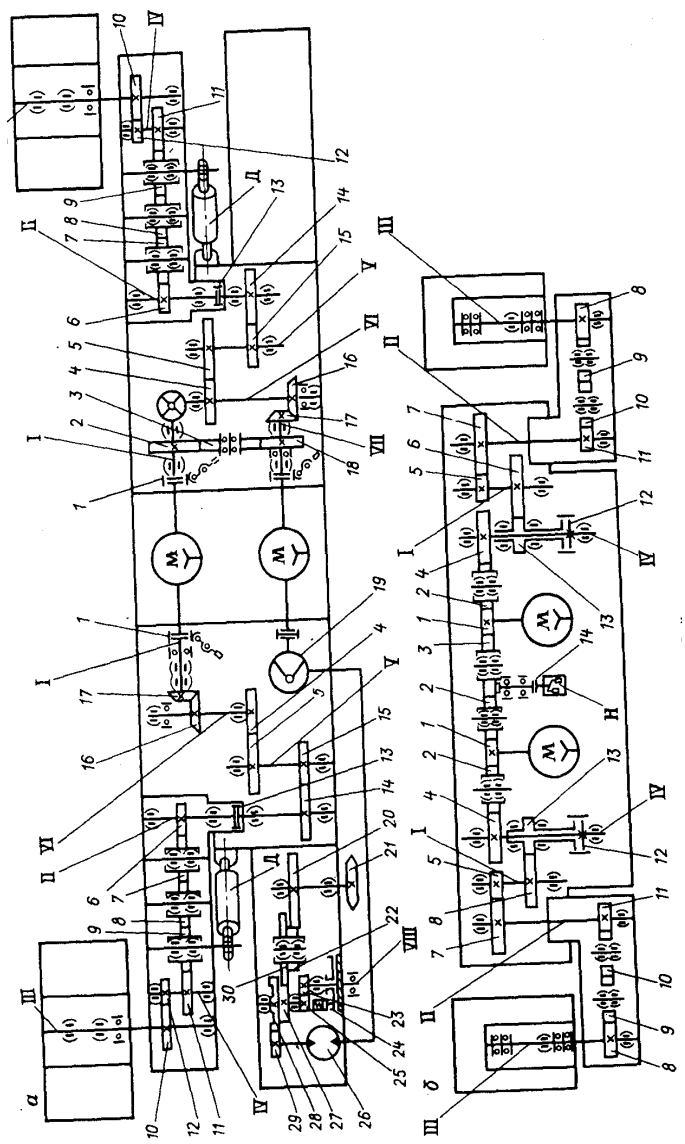


Рис. 8.9. Кинематические схемы узкозахватных комбайнов:
а – 2ГШ68Б; *б* – К103 с ВСП

Основные параметры очистных узкозахватных комбайнов типа ПУ со шнековыми исполнительными органами, предназначенных для выемки угля в очистных забоях пологих и наклонных пластов мощностью 0,6 – 5 м, подвигающихся по простиранию пластов с углом падения до 35^0, а также по восстанию и падению с углом до $8\text{-}10^0$, при сопротивляемости угля резанию до 300 кН/м приведены в ГОСТ 26914 – 86. Предусмотрено девять типоразмеров очистных комбайнов: ПУ5, ПУ6, ПУ8, ПУ10, ПУ13, ПУ16, ПУ25 и ПУ35. Цифры после букв указывают нижний предел регулирования высоты исполнительного органа в дециметрах. Верхний предел регулирования высоты исполнительного органа должен составлять не менее 1,6 от нижнего. Например, для типоразмера ПУ10 пределы регулирования высоты исполнительного органа составляют: нижний – не более 1000 мм, верхний – не менее 1600 мм.

Ширина полезного захвата $B_з$ исполнительного органа комбайна выбирается из ряда 0,5; 0,63 и 0,8 м.

Связь между мощностью пласта $H_{пл}$, вынимаемого комбайном, и высотой исполнительного органа $H_{и\cdot о}$ выражается следующими зависимостями:

$$H_{пл\,min} = (1,1 \div 1,2)\, H_{и\cdot о\,min}; \quad H_{пл\,max} = (0,9 \div 0,95)\, H_{и\cdot о\,max.}$$

В основном очистные комбайны типа ПУ оснащены шнековыми исполнительными органами. Только комбайны МК67М и КА80, предназначенные для работы на пластах мощностью от 0,6 – 0,7 м до 1,2 м, имеют барабанные исполнительные органы на вертикальных осях вращения. Узкозахватные комбайны для крутых пластов имеют, как правило, барабанные исполнительные органы с горизонтальными осями вращения.

К режимным параметрам комбайнов относятся скорость резания $\upsilon_п$, м/с; скорость подачи $\upsilon_п$, м/мин; частота вращения исполнительного органа n, c^{-1}, толщина среза (глубина резания) h_i , м (рис. 8.10).

Частота вращения исполнительного органа связана с частотой вращения ротора электродвигателя привода исполнительного органа следующим соотношением

$$n_{и\cdot о} = n_{дв} / i_{ред}, \qquad (8.1)$$

где $n_{дв}$ – частота вращения ротора электродвигателя, c^{-1}; $i_{ред}$ – передаточное число редуктора (трансмиссии) привода исполнительного органа.

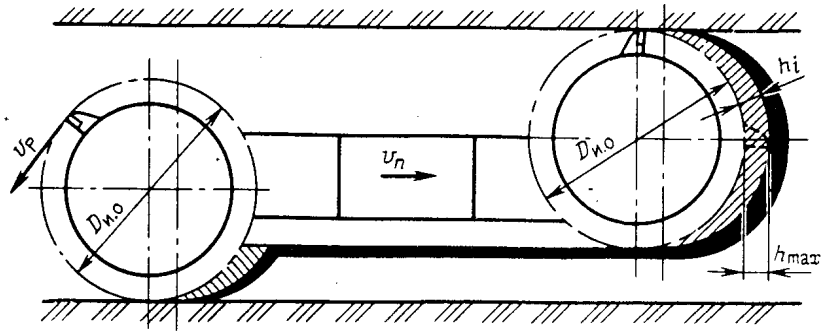


Рис. 8.10. Схема обработки забоя шнеками очистного комбайна

Так, например, для комбайна К103 передаточное число редуктора привода шнека (см. рис. 8.9б).

$$i_{ред} = \frac{z_4}{z_1} = \frac{z_6}{z_{13}} = \frac{z_7}{z_5} = \frac{z_8}{z_{11}} = \frac{46}{17} \cdot \frac{41}{20} \cdot \frac{35}{13} \cdot \frac{21}{15} = 20{,}9 \cdot$$

Для асинхронного электродвигателя комбайна К103 частота вращения при номинальном скольжении составляет 24,5 $с^{-1}$. Тогда, согласно выражению (8.1)

$$n_{и \cdot о} = n_{дв} / i_{ред} = 24{,}5 / 20{,}9 = 1{,}17 с^{-1}.$$

Скорость резания $\upsilon_р$ (м/с) определяется по формуле

$$\upsilon_р = \pi D_{и \cdot о} n_{и \cdot о}, \qquad (8.2)$$

где $D_{и \cdot о}$ – диаметр исполнительного органа по концам резцов, м.

Один из типоразмеров шнеков комбайна К103 имеет, например, $D_{и \cdot о}$ = 0,71 м. В этом случае согласно выражению (8.2)

$$\upsilon_р = 3{,}14 \cdot 0{,}71 \cdot 1{,}17 = 2{,}75 \text{ м/с}.$$

Максимальная толщина среза (глубина резания) h_{max} (м) определяется по формуле

$$h_{max} = \frac{\upsilon_п}{60 n_{и \cdot о} m_{р.л.р.}}, \qquad (8.3)$$

где $\upsilon_п$ – скорость подачи комбайна, м/мин; $m_{р.л.р.}$ – число резцов в линии резания.

Из формулы (8.2) следует, что

$$n_{и\cdot о} = \upsilon_р/(\pi D_{и\cdot о}). \quad (8.4)$$

Подставив (8.4) в (8.3), получим

$$h_{max} = \pi D_{и\cdot о}\, \upsilon_п/(60\, \upsilon_р m_{р.л.р.}). \quad (8.5)$$

При работе резцов в шнековых и барабанных исполнительных органах отделяемая от массива пласта стружка имеет серповидную форму (рис. 8.11). Средняя толщина серповидного среза (средняя глубина резания) $h_{ср}$ связана с максимальным значением h_{max} соотношением

$$h_{ср} = 2\, h_{max}/\pi. \quad (8.6)$$

Приняв скорость подачи комбайна К103 3,5 м/мин, получим для одного резца в линии резания по формулам (8.5) и (8.6):

$h_{max} = 3{,}14 \cdot 0{,}71 \cdot 3.5 / (60 \cdot 2{,}75) = 0{,}047$ м,

$h_{ср} = 2 \cdot 0{,}047 / 3{,}14 = 0{,}03$ м.

Возможная скорость подачи комбайна может быть определена укрупненно из выражения

$$v_п = P_{уст}/ (60\, H_W\, H_{пл}\, B_з\, \gamma), \quad (8.7)$$

где $P_{уст}$ – устойчивая мощность комбайна, кВт; H_W – удельные энергозатраты выемки угля, кВт ч/т; $H_{пл}$ – вынимаемая мощность пласта, м; $B_з$ – полезная ширина захвата исполнительного органа, м; γ – плотность угля, т/м^3.

Основные компоновочные схемы и технические данные очистных комбайнов. Конструкции узкозахватных комбайнов для выемки тонких пологонаклонных пластов могут компоноваться по трем схемам (рис. 8.11).

Автоматизация комбайнов. Автоматическое регулирование нагрузки и скорости перемещения современных очистных комбайнов с гидравлическими механизмами перемещения осуществляется с помощью автоматического регулятора «Уран», может применяться самостоятельно (комбайны 1К101У, КШ1КГУ) или являться составной частью системы автоматического управления комбайном САУК-М, устанавливаемой на комбайнах 1ГШ68, 2ГШ68Б, КШЗМ, 2КШЗ.

Применение системы САУК-М обеспечивает: дистанционное управление (с пульта управления комбайном) пускателями комбайна, предохранительной лебедки, насосной установки системы орошения, а также фидерным автоматическим выключателем комбайна; дистанционное управление пускателем конвейера; отключение пускателя комбайна кнопками «Стоп», расположенными вблизи исполнительных органов с фиксацией этих кнопок в положении «Выключены»; автоматическое выключение пускателя комбайна при опрокидывании или задержке запуска электродвигателей комбайна; отключение пускателя комбайна

при концентрации метана, превышающей допустимую; автоматическую стабилизацию нагрузки и скорости перемещения комбайна (автоматический регулятор «Уран»); дистанционное управление положением исполнительных органов комбайна; контроль целостности цепей управления пускателя комбайна и конвейера, перегрева рабочей жидкости в гидравлическом механизме перемещения.

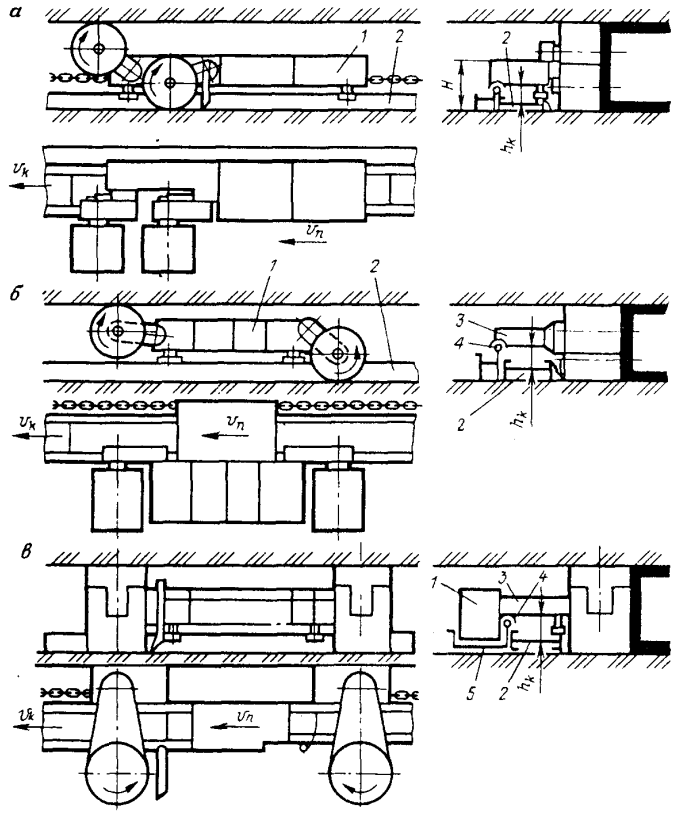


Рис. 8.11. Компоновочные схемы узкозахватных комбайнов для выемки пластов мощностью до 1,2 м

Средства для борьбы с пылью при работе комбайнов. Правилами безопасности установлены следующие предельно допустимые концентрации взвешенной в воздухе подземных выработок пыли:

2 мг/м^3 – пыли угольно-породной, содержащей от 2 до 10 % свободного оксида кремния; 4 мг/м^3 – пыли угольной, содержащей менее 2% свободного диоксида кремния.

Для борьбы с пылью путем орошения мест пылеобразования все очистные комбайны комплектуются типовыми оросительными системами ТОС, состоящими из насосной установки, расположенной в прилегающей к очистному забою выработке, водопроводных рукавов, проложенных до комбайна по борту забойного конвейера, трехходовых кранов, форсунов орошения, устанавливаемых на комбайне и контрольно-измерительных приборов.

Насосная установка НУМС-30 обеспечивает подачу воды до 100 л/мин с давлением до 2,7 МПа. Форсунки располагаются на корпусе комбайна в местах погрузки угля на конвейер и на шнеках. Применяются конусные (КФ) и плоскоструйные (ПФ) форсунки. На комбайне устанавливается от 10 до 50 форсунок. Удельный расход воды составляет 20–40 л/т, за исключением тонких пластов, где он не превышает 10-15 л/т из-за неудобств, возникающих в этих условиях при обильном применении воды. В исполнительных органах современных комбайнов вода подается через осевое отверстие вала шнека и далее по радиальным и тангенциальным каналам к форсункам, которые направляют факел воды непосредственно в зону работы резца. При подводе воды непосредственно в зону работы резцов запыленность воздуха уменьшается почти в 2 раза и резко снижается вероятность воспламенения метана фрикционными искрами.

На шахтах, где есть пневматическая энергия, сжатый воздух используется для распыления воды в оросительных форсунках, либо в смесителе перед системой орошения. При пневмоорошении создается факел орошения большой плотности с высокой скоростью полета капель.

Для снижения запыленности шахтного воздуха до концентраций, установленных правилами безопасности, применяется также предварительное увлажнение угольного пласта нагнетанием в него воды под давлением через специально пробуренные скважины. Разрабатываются пылеулавливающие установки, а также способ и пеногенераторы для пылеподавления.

Обеспечение безопасности труда при работе очистных комбайнов. Перед началом каждой смены машинист и его помощник должны убедиться в исправном состоянии комбайна. Необходимо также обязательно осмотреть забой и свое рабочее место, убедиться в их безопасном состоянии и подготовить комбайн к дальнейшей работе: заменить изношенные и поврежденные резцы на исполнительном органе; проверить и пополнить смазку комбайна согласно заводской инструкции; проверить состояние тяговой цепи, предохранительного каната, гидравлической системы, кабеля и шланга орошения, состояние электрооборудования, взрывоопасных оболочек, блокировочных устройств, заземления.

В процессе работы особенно тщательно нужно следить за соблюдением пылегазового режима.

Перед включением комбайна необходимо убедиться, что около исполнительных органов нет людей, инструментов и других предметов, что тяговый орган и канат находятся в исправном состоянии.

Для включения комбайна машинист нажимает кнопку «Пуск» на пульте управления, при этом раздается звуковой сигнал и спустя 5–6 с включается электродвигатель комбайна. Одновременно включается и насосная установка системы орошения.

Пуск и остановка электродвигателя комбайна должны производится кнопками управления.

Перед тем, как производить смазку, осмотр и ремонт комбайна, необходимо отключить передаточные механизмы исполнительных органов, кнопками «Стоп» – электродвигатели комбайна и конвейера и рукояткой разъединителя разомкнуть электрическую цепь.

Запрещается: производить пуск конвейера откуда-либо, кроме того с пульта управления комбайна; включать исполнительный орган при порыве тяговой цепи; перемещать комбайн назад при работающем исполнительном органе и установленном погрузочном щитке; использовать комбайн или предохранительную лебедку для выполнения подсобных работ в забое; отключать средства пылеподавления; работать на комбайне без резиновых перчаток; работать без предохранительных устройств при угле падения пласта более 8^0.

Оставляя на время комбайн, машинист *обязан*: установить на пульте управления нулевую скорость перемещения комбайна; выключить кнопками «Стоп» электродвигатели комбайна системы орошения, механизма перемещения предохранительной лебедки, конвейера; закрыть кран оросительного устройства. При оставлении комбайна на продолжительное время (например, по окончании смены) машинист, помимо перечисленных выше операций, должен выключить на штреке разъединители пускателей комбайна, конвейера, лебедки, насосной установки и заблокировать их.

Лекция 9

УГОЛЬНЫЕ СТРУГИ. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ И МЕХАНИЗИРОВАННЫЕ КРЕПИ

Угольный струг – выемочная машина струговой установки, в отличие от очистных комбайнов, разрушает уголь резанием с поверхности забоя вдоль линии напластования угля с постоянной или переменной (в зависимости от сопротивляемости угля резанию) глубиной резания

(толщиной угольной стружки). По способу воздействия рабочего инструмента струга на разрушаемый массив угольного пласта струги могут быть статическими и динамическими.

В статических стругах передача энергии стругу для разрушения угля резанием осуществляется непосредственно замкнутой тяговой цепью привода, без каких-либо преобразований.

В динамических стругах подводимая к стругу тем или иным способом энергия преобразуется в ударные импульсы, передающиеся на рабочий инструмент струга.

Наибольшее распространение в СССР (СНГ) и за рубежом получили струги статического действия, которые отделяют уголь от массива с помощью резцов под действием усилия подачи, создаваемого гидроцилиндрами передвижения, и за счет усилий, передаваемых на струг тяговой цепью.

Как показывает опыт эксплуатации стругов, их применение наиболее целесообразно на пластах тонких и средней (не более 2 м) мощности. Сопротивляемость пласта резанию должна составлять не более 250 кН/м в стабильной (неотжатой) зоне и 110-125 кН/м в зоне работы режущего инструмента. Весьма благоприятны для работы стругов пласты угля с кливажем под углом 5-40^0 к линии забоя и эффективным отжимом угля под влиянием горного давления; спокойное залегание пласта.

Основные преимущества струговой выемки:

- эффективный способ разрушения угольного пласта резанием вдоль напластования с глубиной резания, достигающей 100 мм (при слабых углях) в наиболее отжатой зоне угольного пласта – с поверхности забоя. Это обеспечивает минимальную энергоемкость процесса разрушения угля, высокую сортность добываемого угля при небольшом пылеобразовании;
- относительная простота и надежность конструкции собственно стругового исполнительного органа, представляющего собой литой корпус с закрепленными на нем резцами. На движущемся струге нет электро- или гидродвигателей, трансмиссий и отсутствует передача энергии к движущемуся стругу;
- приводы струга находятся на рамах приводных головок конвейера, расположенных на штреках или по концам забоя, что упрощает их техническое обслуживание. При выносе приводных головок струга и конвейера на штреки исключается необходимость предварительной выемки ниш.
- отсутствует необходимость перемещения машиниста струга вдоль очистного забоя вслед за перемещением струга, что существенно уменьшает физическую тяжесть и напряженность его труда.

К недостаткам струговой выемки относятся:

•ограниченная область применения по сопротивляемости угля резанию и наличию в пластах крупных крепких включений колчедана, кварцита, породных прослойков. Геологические нарушения пласта, наличие спаянности («присухи») верхней пачки пласта с породами кровли, слабые породы кровли и почвы усложняют, а в ряде случаев делают невозможным, эксплуатацию стругов;

•неуправляемый процесс обрушения верхней пачки угля под действием веса и горного давления, что затрудняет применение совместно со стругами механизированных крепей;

•низкий КПД стругов из-за больших потерь на трение струга о почву и став забойного конвейера.

На рис. 9.1 приведена конструкция угольного струга широко применяемой струговой установки СО75. Струг состоит из рамы 17, на которой закреплены две поворотные державки 9 и 12, несущие нижние и средние резцы 8. Державки с помощью осей 16 закреплены шарнирно в проушинах рамы. Для отбрасывания державок от забоя и почвы они связаны между собой цепью 10. Длина цепи регулируется стяжкой 5. Кроме того, на раме закреплены проставки 3 и 6, каждая из которых несет резец 8 и верхние проставки 4 и 7 с резцами. Высота струга регулируется ступенчато изменением числа проставок 3 и 6 в пределах 330-810 мм.

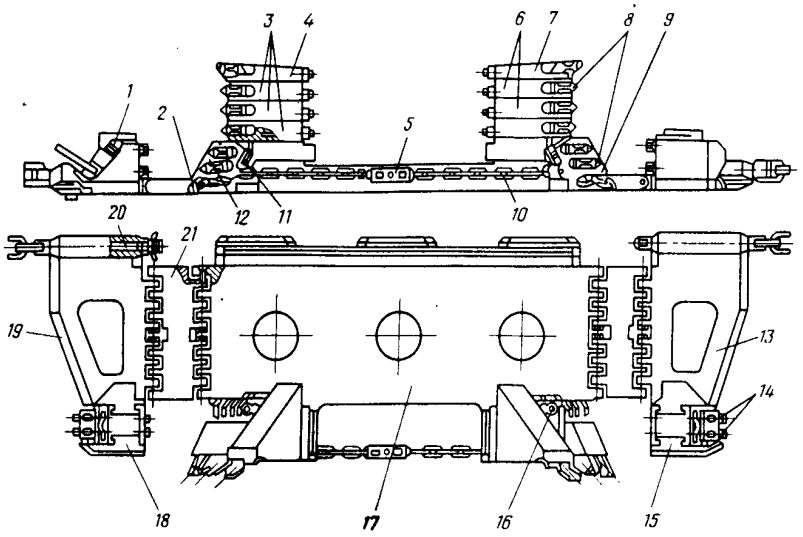


Рис. 9.1. Струг струговой установки СО75.

С помощью болта 11 изменением числа шайб под его головкой регулируется опускание нижних резцов 2 поворотных державок 9 и 12 ниже основания в пределах 10-28 мм. Рама 17 (основная) через шарнирные проставки 21 соединяется с концевыми рамами 19 и 13, несущими зачистные резцы 14 и ограничители глубины резания 18 и 15. Концевые рамы снабжены также концевыми устройствами 20 для закрепления концов тяговой цепи струга, располагаемой в желобе забойного конвейера со стороны выработанного пространства.

Регулирование опускания зачистных резцов 14 ниже уровня конвейера в пределах 0-40 мм осуществляется при помощи болта 1.

На основной раме 17 со стороны выработанного пространства установлены в крышках из немагнитного материала постоянные магниты, взаимодействующие с индуктивными выключателями, обеспечивающими аварийную остановку струга по концам забойного конвейера.

Режущий инструмент для стругов (рис.9.2а) состоит из резцедержателей 1, которые устанавливаются в державках и проставках струга, и вставок 2, состоящих из стального корпуса, режущая головка которого армирована пластинками твердого сплава.

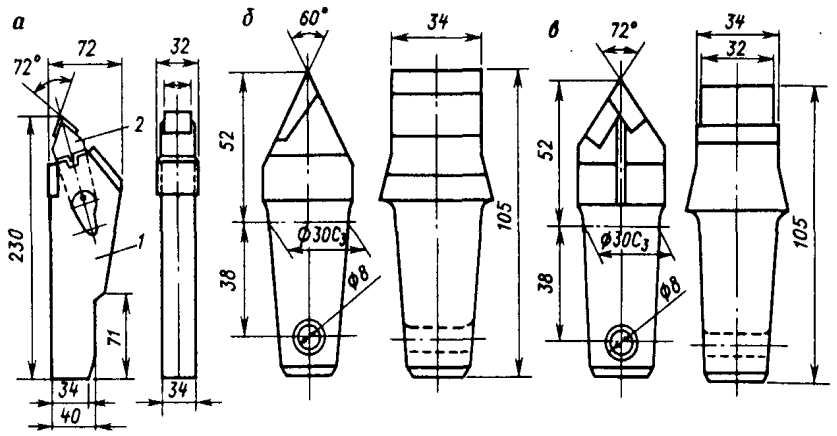


Рис. 9.2. Режущий инструмент стругов

Конусные хвостовики вставок СТВ.04 (рис. 9.2б) и СТВ.05 (рис. 9.2в), предназначенных для исполнительных органов струговых

установок типа СН75 и СО75, обеспечивают надежное закрепление их в корпусах резцедержателей. Пластинки твердого сплава крепятся к корпусам пайкой высокопрочным припоем. После пайки вставки подвергаются термообработке.

Струговой установкой (рис. 9.3) называется система забойного оборудования, состоящая из приводов струга и конвейера 1, конвейера 5 и струга 4, перемещающегося вдоль конвейера с помощью тяговой цепи 2. Приводы струга и конвейера оснащены асинхронными электродвигателями, расположенными своими осями вращения перпендикулярно к продольной оси конвейера. Приводы струга и конвейера унифицированы, имеют коробки перемены передач и обеспечивают рациональное соотношение скоростей струга и конвейера. Редукторы приводов оснащены встроенными механизмами для натяжения и соединения тяговых цепей. Струговая установка перемещается на забой гидродомкратами 3.

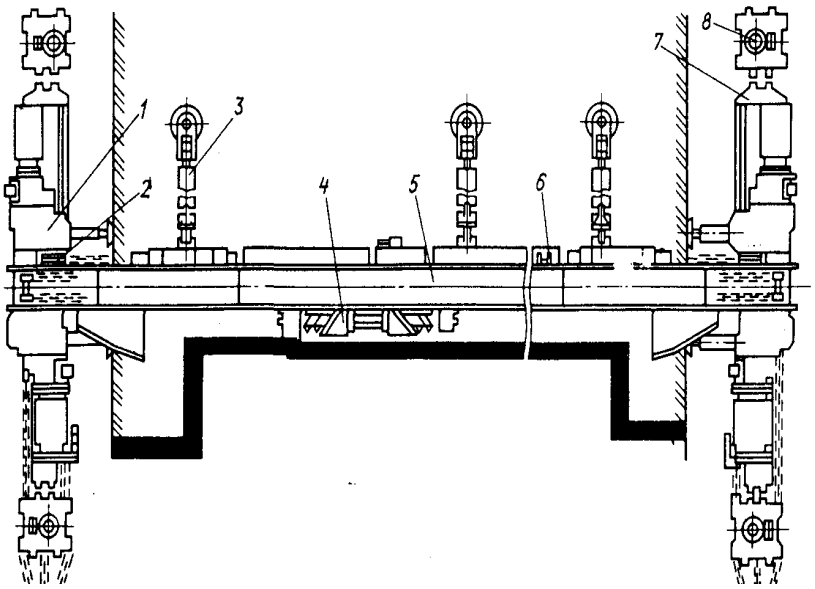


Рис. 9.3. Струговая установка СО75

Для удержания приводов струговых установок служат гидрофицированные столы 7 с распорными стойками 8. Электрооборудование установки выполнено на базе станций управления СУВ-350А и аппаратуры АРУС.

Электрооборудование обеспечивает дистанционное управление токоприемниками, электрическую защиту, освещение и громкоговорящую связь.

Гидрооборудование соединено рукавами высокого давления с насосной станцией СНУ5Р, работающей на водомасляной эмульсии. Система орошения – автоматическая дистанционная с форсунками 6, установленными на забойном конвейере со стороны выработанного пространства.

По мере перемещения струга форсунки 6 поочередно включаются, а затем выключаются, что уменьшает расход воды и создает более благоприятные условия для рабочих.

Созданные в последние годы струговые установки по характеру взаимодействия струга с конвейером и расположению тяговых цепей выполняются по двум схемам.

1. Струг снабжен подконвейерной плитой, установленной под рештачным ставом конвейера, а тяговые цепи размещены в специальном желобе, расположенном со стороны выработанного пространства става конвейера (струговые установки УСТ2М, СО75, УСВ2 и «Reishackenhobel» – ФРГ). Такие струги называют стругами «отрывного действия».

2. Струг не имеет подконвейерной плиты и передвигается по направляющим, расположенным вдоль става конвейера с его забойной стороны. Тяговые цепи также размещены в желобе с забойной стороны става конвейера (струговые установки СН75 и «Gleithobel» – ФРГ). Такие струги называют стругами «скользящего типа», они считаются предпочтительными для разрушения углей повышенной сопротивляемости резанию.

В настоящее время для шахт отечественными заводами СНГ серийно выпускаются следующие струговые установки: УСТ2М, СО75, СН75 и УСВ2 (табл. 9.1).

Все струговые установки, технические данные которых приведены в табл. 9.1., применяются на пластах с углами падения: до 25^0 – при работе по простиранию, до 6^0 – по восстанию, до 5^0 – по падению. Струговая установка УСВ2 работает совместно с механизированной крепью, остальные – как с индивидуальной, так и с механизированной.

Таблица 9.1.

Струговые установки

Параметры	УСТ2М	СО75	СН75	УСВ2
Вынимаемая мощность пласта, м	0,55-1,0	0,6-1,2	0,65-1,2	0,9-2,0
Сопротивляемость угля резанию, кН/м: в стабильной зоне в зоне работы режущего инструмента	До 250 До 110	До 250 До 125	До 300 До 150	До 250 До 110
Параметры	УСТ2М	СО75	СН75	УСВ2
Длина очистного забоя, м	До 200	До 200	До 200	До 250
Скорость движения струга, м/с	0,6; 1,5	0,71; 1,74	0,71; 1,74	0,96; 1,72
Число приводов	2	2	2	2
Электродвигатель: тип мощность, кВт	ЭДКО4-55 55	ЭКВ4УС2 110	ЭКВ4УС2 110	ЭКВ4УС2 110
Калибр цепи, мм	24×86	26×92	26×92	26×92
Скорость движения скребковой цепи конвейера, м/с	0,5; 1,1	0,57; 1,38	0,57; 1,38	0,54; 0,9
Число приводов	2	2	2	2
Электродвигатель: тип мощность, кВт	ЭДКО4-55 55	ЭДКО4-100У5 100	ЭДКО4-100У5 100	ЭКВ4УС2 110
Калибр скребковой цепи	18×64	18×64	18×64	24×86
Масса струговой установки, т	90-110	150-181	180-200	214

Установки УСТ2М, СО75, УСВ2 работают с отжимом рештачного става конвейера от забоя при движении струга вдоль конвейера в процессе работы, что позволяет стругу самому регулировать в определенном диапазоне глубину резания (толщину стружки) в зависимости от изменения сопротивляемости угля резанию и степени износа вставок стругового режущего инструмента.

Особенность струговой установки СН75 – отсутствие отжима конвейерного става при проходе струга, что дает возможность передавать большие напорные усилия, необходимые при выемке крепких углей.

Кроме указанных струговых установок серийно выпускается скреперострутовая установка УСЗУ, отличающаяся тем, что в ней отсутствует передвижной забойный конвейер, а уголь в условиях пологих и пологонаклонных (до 35^0) пластов доставляется скрепером. Скреперо-

струговая установка предназначена для выемки угля из пластов мощностью 0,3-1,2 м с углами падения до 30^0.

Привод скрепероструга осуществляется двумя электродвигателями мощностью по 85 кВт.

Крепление и управление кровлей – один из важных и пока еще трудоемких процессов добычи полезных ископаемых из длинных очистных забоев, составляющих 30% от общих трудовых затрат в очистном забое. Для крепления и управления кровлей применяют крепь, которая по назначению разделяется на призабойную и посадочную, основную и временную.

Призабойная крепь возводится в призабойном пространстве и предназначена для предотвращения обрушения в нем пород кровли. Призабойное пространство крепится индивидуальной или механизированной крепью. Индивидуальная крепь предусматривает стойку и верхняк.

На первом этапе в качестве индивидуальной крепи использовалось дерево, которое применяется и до сих пор на некоторых шахтах на крутых пластах. В дальнейшем деревянная крепь была заменена металлической индивидуальной крепью.

В середине 60-х годов для крепления призабойного пространства начали применять гидрофицированные механизированные крепи, получившие на сегодняшний день широкое распространение при выемке пологих, наклонных и крутых пластов.

Посадочная крепь применяется, как правило, в очистных забоях с индивидуальной призабойной крепью. Она устанавливается на границе с погашаемым выработанным пространством и предназначается для (посадки) управления кровлей полным обрушением или плавным опусканием пород кровли.

К основным крепям относятся индивидуальные и механизированные крепи, которые служат непосредственно для крепления призабойного пространства.

Временная крепь, как правило, облегченного типа применяется для временного и ускоренного закрепления обнаженных пород кровли (например, при креплении ниш) с последующей заменой ее основной крепью.

Стойка – основной опорный элемент крепи и служит для поддержания рабочего пространства в лаве. Индивидуальные стойки работают совместно с деревянным или металлическим верхняком.

По принципу работы различают металлические стойки трения и гидравлические. Отечественной промышленностью выпускаются стойки трения

постоянного сопротивления типов ТУ, ТКУ и ТПК, различные типоразмеры которых предназначены для пластов мощностью от 0,86 до 2,48.

Наиболее прогрессивными являются гидравлические призабойные стойки, которые имеют нагрузочную характеристику постоянного сопротивления. Промышленностью выпускаются два вида гидростоек – с внутренней циркуляцией рабочей жидкости и с внешним питанием (рис. 9.4).

Гидравлическая стойка с внутренней циркуляцией рабочей жидкости (рис. 9.4а) состоит из рабочего цилиндра 9, выдвижной части 8, поршня 7 со штоком 12, фильтра 2, предохранительно-разгрузочного клапана 4 и клапанно-распределительной системы насоса.

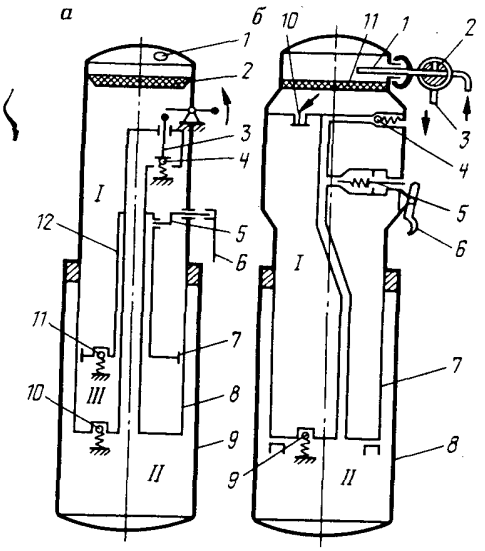


Рис. 9.4. Схемы устройства индивидуальных гидростоек:
а – с внутренней циркуляцией рабочей жидкости;
б – с внешним питанием

Полость 1 выдвижной части заполняется маслом (индустриальное И-20А или И-30А с добавлением специальных ингибиторов, повышающих коррозионную стойкость деталей) и служит внутренним резервуаром. Раздвижка и распор стойки производятся двухступенчатым насосом, приводимым в действие кривошипным механизмом 5 с помощью рукоятки 6. При движении поршня 7 вверх масло переливается из полости 1 через клапан 11 в полость III. Затем, при движении поршня 7 вниз,

клапан 11 закрывается, а клапан 10 открывается и рабочая жидкость поступает в полость II и поднимает вверх выдвижную часть 8.

Если давление в полости II превысит величину, на которую отрегулирован предохранительно-разгрузочный клапан 4, последний срабатывает и жидкость переливается из полости II в полость I. Для разгрузки стойки поднимают вверх ручку разгрузочного устройства 3 и выдвижная часть 8 опускается за счет переливания жидкости из полости II в полость I через клапан 4. Масло пополняется через заливное отверстие 1 (закрываемое пробкой) и сетчатый фильтр 2.

Гидростойки с внешним питанием не имеют встроеннрого насоса. Раздвижка и распор таких стоек осуществляются с помощью пистолета 1 (рис. 9.4б), присоединенного к насосной станции. При подаче жидкости пистолетом 1 она через фильтр 11 и клапан 10 попадает в полость 1 стойки и далее через клапан 9 в рабочую полость стойки. При этом перемещается вверх выдвижная часть 7. После окончания распора перекрывается трехходовой кран 2 пистолета 1 и жидкость поступает в сливную линию 3 насосной станции. Пистолет отключается от стойки. Если давление в рабочей полости II рабочего цилиндра 8 превышает допустимое, то срабатывает предохранительный клапан 4 и обеспечивает необходимую податливость стойки.

Стойка разгружается клапаном 5, который при повороте рычага 6 против часовой стрелки отклоняется влево, в результате чего открывается отверстие для слива жидкости из полости II стойки.

В качестве рабочей жидкости в гидростойках с внешним питанием используется водомасляная эмульсия с антикоррозионной присадкой.

Большой начальный распор и малая упругая податливость гидростоек, по сравнению со стойками трения, обеспечивают лучшее состояние кровли и уменьшают ее опускание на 10-30%. Повышается безопасность работ в очистном забое и снижаются потери стоек в выработанном пространстве при их извлечении благодаря возможности осуществлять дистанционную разгрузку. Отечественной промышленностью выпускаются гидравлические призабойные стойки с внутренней циркуляцией рабочей жидкости типов 2ГСК и с внешним питанием типов 2ГСВ, 2ГВТ и ГВУ. Все они предназначены для применения в качестве призабойной и посадочной крепи на пологих и пологонаклонных пластах с углом падения до 35^0.

Стойки 2ГСК выпускают четырех типоразмеров: 2-13ГСК25, 2-14ГСК25, 2-15ГСК25 и 2-17ГСК25. Рабочее сопротивление – 250 кН, начальный распор – 75 кН, номинальное рабочее давление жидкости в цилиндре – 40 МПа. Высота стоек H_{min} = 1400÷2490 мм; H_{max} = 2000÷3290 мм. Мощность обслуживаемых пластов – 1,82-3,41 м.

Типоразмер стойки по длине изменяется за счет применения ряда нижних насадок, изготовляемых из труб, имеющих пяту.

Гидростойки типа 2ГСВ имеют те же значения H_{min} и H_{max} обслуживаемой мощности пластов, что и стойки 2ГСК. Отличаются они, помимо внешнего питания, большим начальным распором, составляющим 127 кН при рабочем сопротивлении 250 кН. Длина гидростоек изменяется за счет применения ряда нижних насадок. Гидростойки 2ГВТ имеют в основном рабочее сопротивление 200 кН (семь типоразмеров из девяти) и обслуживают пласты мощностью от 0,72 до 1,78. Два последних типоразмера (2-11ГВТ25 и 2-12ГВТ25) для пластов мощностью 1,48–2,26 м имеют рабочее сопротивление 250 кН. Усилие начального распора для всех типоразмеров – 127 кН.

С 1984 г. серийно выпускаются стойки типа ГВУ внешнего питания (4ГВУ30-12ГВУ30), предназначенные для крепления рабочего пространства очистных забоев на пластах мощностью 0,71-1,6 м с номинальным рабочим сопротивлением 300 кН. Стойки имеют начальный распор 127 кН при давлении рабочей жидкости 20 МПа. Стойки 4ГВУ30-12ГВУ30 (всего девять типоразмеров) можно эксплуатировать при любой системе разработки, предусматривающей извлечение крепи и при любом способе управления кровлей.

Для подвода рабочей жидкости к гидравлическим стойкам типа ГВ с внешним питанием по всей длине забоя (до 200 м) выпускается комплект оборудования КО1, состоящий из унифицированной насосной станции СНУ5, штрековой и забойной гидромагистралей с тройниками, шаровыми кранами и установочными пистолетами.

При использовании индивидуального крепления металлические верхняки являются элементами, непосредственно удерживающими кровлю призабойного пространства. Промышленностью выпускаются выдвижные металлические верхняки ВВ30, ВВ3М и шарнирные В15Б, М71С.

Выдвижные металлические верхняки ВВ30 и ВВ30М предназначены для использования с металлическими, преимущественно с гидравлическими призабойными стойками (с рабочим сопротивлением до 300 кН) по поддержанию кровли в очистных забоях и консольного ее крепления в бесстоечном призабойном пространстве при выемке угля узко- и широкозахватными комбайнами и струговыми установками.

В настоящее время в 70% очистных забоев управление кровлей осуществляется способом полного обрушения. Для посадки кровли полным обрушением при индивидуальной призабойной крепи используются посадочные стойки трения типа ОКУ и гидравлическая посадочная крепь «Спутник».

Посадочные стойки трения типа ОКУ представляют собой стойки нарастающего сопротивления, которые после определенной ограниченной просадки выдвижной части становятся практически жесткими стойками.

Крепь гидравлическая посадочная «Спутник 2СПТ» предназначена для механизации процессов управления кровлей способом полного обрушения и передвижения забойного скребкового конвейера в очистных забоях пологих пластов мощностью 0,6-1,8 м при угле падения до 15^0 (при работе по простиранию), по восстанию – до 8^0.

Секция крепи «Спутник» (рис. 9.5) состоит из гидравлической посадочной стойки 1 с рабочим сопротивлением 785 кН и установочным распором 615 кН, домкрата передвижения 3 конвейера и стойки, соединенного с основанием стойки пальцем 2, и рукавов 4 для питания стойки рабочей жидкостью от распределителя 5, установленного на головке домкрата. Домкрат соединен с основанием стойки своим штоком, а цилиндр домкрата при помощи оси 6 кронштейна 7 крепится болтами к борту конвейера. Домкрат развивает усилия: до 125 кН при передвижке конвейера; до 69 кН при подтягивании стойки. Шаг передвижки не менее 800 мм. Стойка имеет две ступени раздвижности – гидравлическую и настроечную винтовую. Рабочее давление жидкости в поршневой полости стойки 25 МПа, а гидромагистрали – 19,6 МПа. Для питания гидросистемы крепи используется унифицированная насосная станция СНУ5. Масса секции в зависимости от типоразмера по высоте находится в пределах 335-440 кг. В комплекте с крепью «Спутник» применяются в качестве призабойной крепи индивидуальные гидравлические стойки с внешним питанием и металлические шарнирные или выдвижные верхняки.

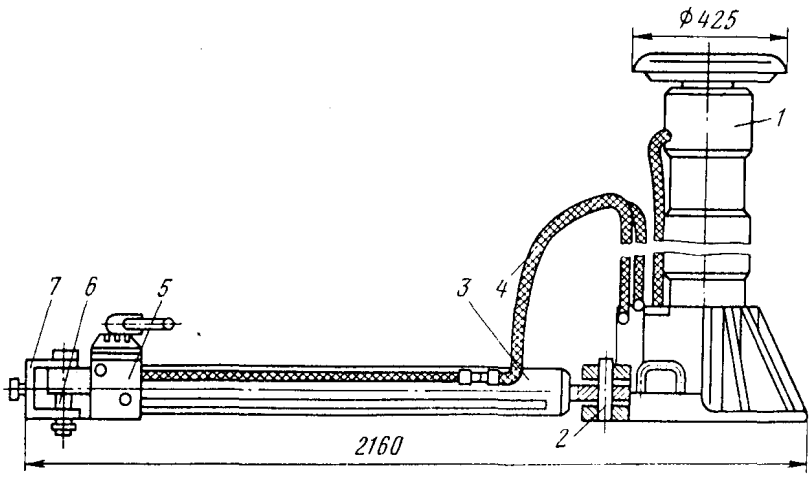


Рис. 9.5. Секция посадочной крепи «Спутник»

Механизированные крепи. Создание механизированных гидрофицированных крепей послужило основой для создания современных систем забойного оборудования – комбайновых и струговых очистных узкозахватных комплексов, а в последующем и очистных агрегатов.

Механизированная крепь в процессе взаимодействия с боковыми породами выполняет в общем случае три основные функции: управление кровлей, активное поддержание кровли в рабочем пространстве очистного и защиту (ограждение) призабойного пространства от обрушившихся пород. Кроме того, конструкция крепи должна обеспечивать передвижку конвейера, в том числе при его работе с погрузочными лемехами с обеспечением подачи комбайна на забой при самозарубке.

Механизированная крепь состоит из секций или комплектов (взаимосвязанных секций), насосной станции (одной или нескольких), распределительной и контрольно-регулирующей аппаратуры и гидрокоммуникаций.

По характеру взаимодействия с боковыми породами и защиты рабочего пространства забоя механизированные крепи разделяются: на поддерживающие (рис. 9.6а), поддерживающее-оградительные (рис.9.6в), оградительно-поддерживающие (рис. 9.6б) и оградительные (рис. 9.6г). Тип крепи можно определить соотношениями величины проекций поддерживающих $L_п$ и оградительных элементов $L_{ог}$ секций на горизонтальную

плоскость в направлении осевой линии секции. В настоящее время чисто оградительные крепи в отечественной угольной промышленности не применяются, а поддерживающе-оградительные крепи относят иногда к крепям поддерживающего типа.

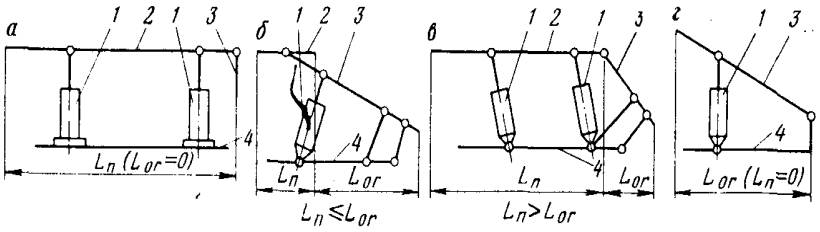


Рис. 9.6. Схемы секций механизированных крепей: *а* – поддерживающей; *б* – оградительно-поддерживающей; *в* – оградительной; *г* – поддерживающее-оградительной

Секции крепей включают в себя следующие основные элементы: несущие 1 (гидростойки), поддерживающие 2 (перекрытия, козырьки), опорные 4 (основания или развитые опоры гидростоек), защитные или оградительные 3.

В настоящее время выпускаются механизированные крепи поддерживающего типа – М103, МК97М, 1М88, 1М88С, М87УМН, М87УПМ, М87УМС, М87УМА, 1МТ; поддерживающе-оградительного типа – КД80, 1МКМ, МК75, М130, М142; оградительно-поддерживающего типа – 1ОКП70, 2ОКП70, 3ОКП70, 4ОКП70, УКП4 и УКП5. Крепи различаются по углам падения: 0-35^0 – для пологих и наклонных пластов; более 35^0 – для крутонаклонных и крутых пластов.

Типоразмер крепи поддерживающего типа может быть определен по формуле:

$$H_{min} \leq H_{пл\ min}\ (1\text{-}k_p\ l_з) - \Delta h, \qquad (9.1)$$

где H_{min} – конструктивная высота секции в сдвинутом положении (по заднему ряду стоек), мм; $H_{пл\ min}$ – минимальная вынимаемая мощность пласта в пределах выемочного поля, м; k_p – коэффициент, учитывающий характер опускания кровли, принимается 0,05 – для пластов с углами падения до 35^0 и 0,03 – для пластов с углами падения более 35^0; $l_з$ – расстояние по кровле от забоя до оси задней стойки секции крепи в исходном положении, м; Δh – запас хода на разгрузку крепи, равный 30 мм для пластов мощностью до 1 м и 50 мм – для пластов мощностью более 1 м.

По формуле (9.1) определяется также величина H_{min} для крепей поддерживающе-оградительного типа.

Все основные известные типы механизированных крепей по принципиальной конструктивной схеме можно разделить на три группы: рамные, кустовые и щитовые.

Рамные механизированные крепи. К рамным (рис.9.7) относятся крепи, секции которых состоят из перекрытия 2, обычно двух гидростоек 1, расположенных в один ряд по продольной оси секции, основания 3 и гидродомкрата передвижения 4. Рамные крепи относятся по характеру взаимодействия перекрытия с кровлей к крепям поддерживающего типа.

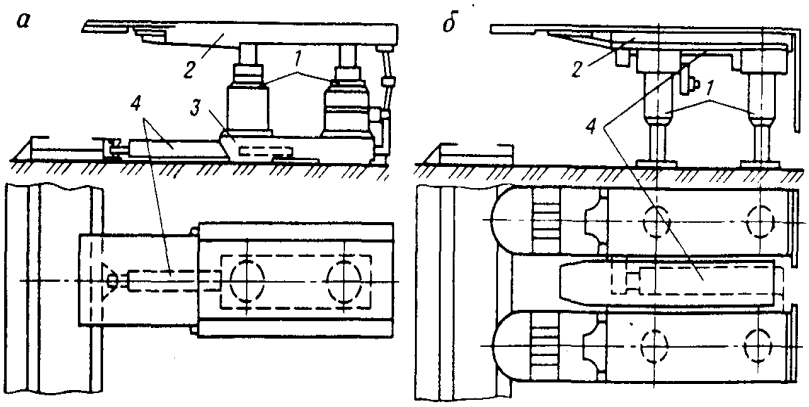


Рис. 9.7. Секции механизированных крепей рамной конструкции:
а – секция крепи 1М88 с нижней завязкой;
б – секция крепи МК97М с верхней завязкой

Рамные крепи могут быть выполнены с нижней завязкой (рис. 9.7 а), когда домкрат передвижения секции 4 располагается в основании 3 секции (крепи 1М88, 1М88С, семейство крепей типов М87УМ, КГУ) и с верхней завязкой (рис. 2.20б), когда домкрат или домкраты передвижении секции 4 располагаются в перекрытии 2 крепи (МК97М, М130).

Кустовые механизированные крепи. Секции таких крепей (рис.9.8) состоят из перекрытия 1, основания 2, четырех (рис. 9.8а) или шести (рис. 9.8б) гидростоек 3, расположенных в два ряда по ширине секции и одного или двух домкратов передвижения. Кустовые шестистоечные секции, ранее широко распространенные в Великобритании, в последние годы заменяют четырехстоечными как более простыми и обладающими теми же эксплуатационными качествами. Отечественными шестоечными кустовыми секциями укомплектована крепь 2МКДМ

(«Донбасс-М»). Кустовые механизированные крепи, разработанные в последние годы, имеют в каждой секции по четыре гидростойки (крепи МК103 и 1МТ).

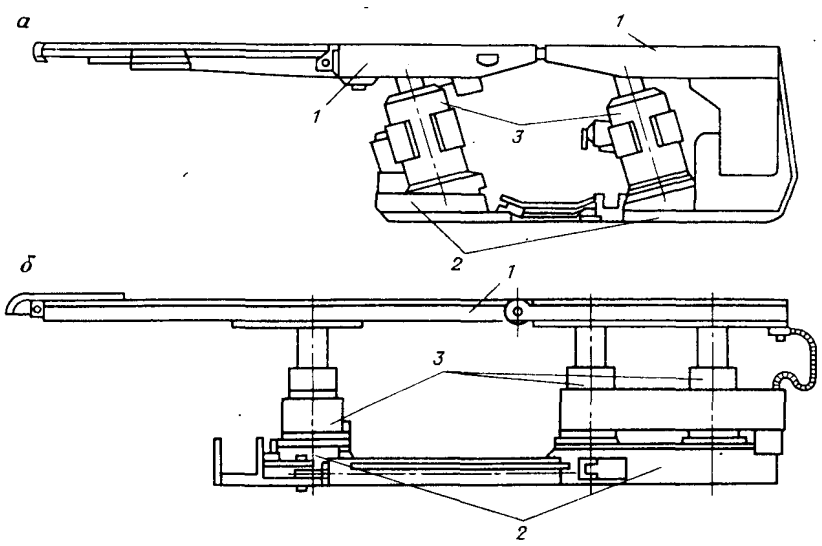


Рис. 9.8. Кустовые механизированные крепи:
а – четырехстоечная секция крепи МК103;
б – шестистоечная секция крепи «Донбасс-М».

Щитовые механизированные крепи. К щитовым относят крепи оградительно-поддерживающего (рис.9.9а) или поддерживающе-оградительного (рис. 9.9б) типов, у которых поддерживающие элементы 1 и основания 4 секций имеют силовую и кинетическую связь между собой, не только с помощью гидравлических стоек 3, но также и с помощью оградительной части 2.

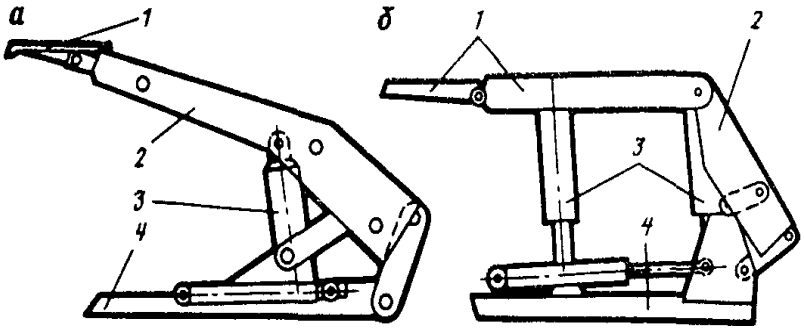


Рис. 9.9. Щитовые механизированные крепи:
а – секция крепи оградительно-поддерживающего типа 4ОКП70;
б – секция крепи поддерживающе-оградительного типа МК75.

Дополнительная силовая и кинематическая связь перекрытия и основания секций с помощью ограждения увеличивает жесткость конструкции секции в продольном и поперечном направлениях. Все щитовые крепи выполняют только с нижней завязкой, а наличие силовой связи верхнего перекрытия с основанием позволяет передвигать секции крепи с активным подпором, разгружая при этом гидростойки от поперечных усилий. Щитовые крепи могут быть одно- и многостоечными. При этом секции оградительно-поддерживающего типа имеют одну (крепи 1ОКП70, 2ОКП70, 3ОКП70 и 4ОКП70) или две стойки 3 (крепи УКП4 и УКП5), расположенные в один ряд по ширине секции и находящиеся под оградительной частью 2 перекрытия (рис. 9.10а,б). Секции поддерживающее-оградительного типа имеют две стойки, расположенные по продольной оси секции (крепи 1МКМ, МК75), или четыре стойки (крепи КД80, М142), расположенные в два ряда по ширине секции и находящиеся под поддерживающей частью перекрытия (рис. 9.10в,г).

По силовым связям между секциями крепи могут быть комплектными и агрегатированными.

В комплектных крепях все секции попарно через силовую связь с гидродомкратом передвижения объединены в независимые по положению комплекты, не имеющие силовых связей ни друг с другом, ни со ставом незабойного конвейера. Комплектные крепи имеют шагающий принцип перемещения, а также обычно рамную конструкцию и выполняются с верхней (крепь МК97М) или нижней завязкой (крепь 1М88С и М87УМС для струговых комплектов).

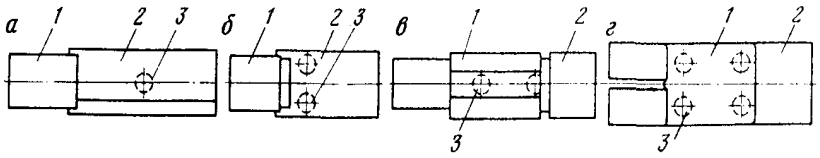


Рис. 9.10. Схемы расположения гидростоек
в секциях щитовых механизированных крепей

В агрегатированных крепях силовая связь между секциями осуществляется домкратами передвижения через базу комплекса, функцию которой выполняет рештачный став конвейера через специальную базу агрегата или через перекрытия в рамных крепях с верхней завязкой (М130).

Секции на забой перемещаются с помощью домкратов путем подтягивания к ставу забойного конвейера при снятии распора с перемещаемой секции или при наличии остаточного распора (перемещение секции с подпором). Таким способом перемещается большинство рамных крепей с нижней завязкой, кустовые и щитовые крепи.

В рамных механизированных крепях, агрегатированных по перекрытиям, передвижка каждой секции осуществляется двумя гидродомкратами, а для передвижки става конвейера предусматриваются отдельные домкраты, не входящие в состав крепи.

Основными параметрами механизированной крепи, определяющими условия ее применения и взаимодействия с кровлей, являются: номинальная высота (мм) крепи в сдвинутом положении (для крепей поддерживающего типа – высота по заднему ряду стоек); начальный распор (кН) крепи; рабочее сопротивление на единицу площади, кН/м^2 поддерживаемой кровли (отношение сопротивления секции крепи к поддерживаемой ею площади); сопротивление крепи по посадочному ряду стоек (кН/м); коэффициент затяжки кровли, характеризующий величину отношения поверхности перекрытий секций к площади поддерживаемой кровли; давление основания крепи на почву (МПа); коэффициент гидравлической раздвижности секции, характеризующий величину отношения высоты крепи в раздвинутом положении к высоте крепи в сдвинутом положении, принятый для заднего ряда стоек.

Лекция 10

УГЛЕДОБЫВАЮЩИЕ КОМБАЙНОВЫЕ

И СТРУГОВЫЕ КОМПЛЕКСЫ

Применение механизированных комплексов позволяет совмещать во времени все основные операции в очистном забое: выемку угля, его доставку, крепление призабойного пространства и управление кровлей.

Для определения целесообразности применения механизированного комплекса учитываются следующие основные факторы: мощность и угол падения пласта, свойства основной непосредственной кровли, несущая способность почвы.

Отрицательное влияние на эффективное использование средств комплексной механизации очистных работ оказывает высокая газоносность и водообильность пластов, наличие крепких включений, внезапные выбросы угля и газа, тектоническая нарушеность пластов.

Высокая газоносность пластов ограничивает производительность горных машин по условиям безопасного проветривания очистного забоя. Пласты, опасные по внезапным выбросам угля и газа, должны разрабатываться только при принятии специальных мер безопасного ведения работ.

Пропускная способность транспорта на участке от забоя до главного откаточного штрека должна быть не менее расчетной производительности конвейера, а при работе средств комплексной механизации на пластах с углами падения более 35^0 – не менее расчетной (теоретической) производительности горной машины.

Рациональная длина очистного забоя, зависящая от горно-геологических и горнотехнических факторов, зачастую не совпадает с длиной поставляемых заводами комплексов. Поэтому в ряде случаев варьируют длину комплексов за счет изменения числа секций механизированной крепи, устанавливаемой в очистном забое, и линейных секций забойного скребкового конвейера (на пластах с углами падения до 35^0).

Наибольшие трудности возникают при создании средств комплексной механизации для работы на тонких пластах (с любым углом падения) и на крутых пластах, что в последнем случае обусловлено значительным проявлением гравитационных сил, склонностью пород кровли и почвы к сползанию, к обильным газовыделениям, спецификой проявления горного давления.

С учетом специфических условий эксплуатации, определяемых в первую очередь мощностью и углом падения пласта, угледобывающие комплексы обычно разделяют на группы: для тонких пологих пластов с углами падения до 35^0, для пологих пластов средней мощности и мощных и для крутых пластов.

Комплектующее оборудование угледобывающих комплексов. Современные угледобывающие комплексы, работающие на пологих и пологонаклонных пластах (угол падения до 35^0), включает в себя (рис 10.1): добычную машину – очистной комбайн 2 (или струг), доставочную машину – забойный скребковый конвейер 1, механизированную крепь 5, крепи сопряжений очистного забоя со штреками 4, кабелеукладчик, насосную станцию типа СНУ или СНТ для питания гидросистемы механизированной крепи, типовую оросительную систему (ТОС) с оросительной установкой типа НУМС и энергопоезд 3, состоящий из фидерного автомата и пускателей для дистанционного включения машин.

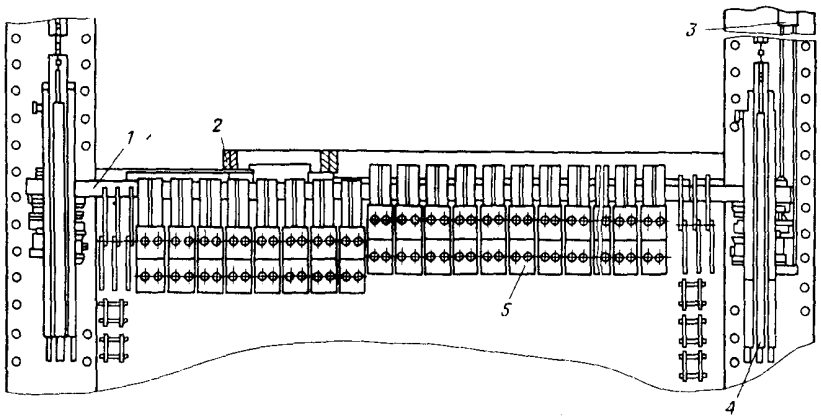


Рис. 10.1. Общий вид угледобывающего комплекса

Так, в состав механизированного угледобывающего комплекса 1КМ103 входят очистной узкозахватный комбайн К103, скребковый конвейер СП202В1, кабелеукладчик КЦ-170 или КЦН-170 и гидрофицированные столы СО75С, выполняющие частично и функцию крепи сопряжений.

Комплекс предназначен для выемки пластов мощностью 0,71 – 0,95 м (I типоразмер) и 0,85 – 1,2 м (II типоразмер). Длина забоя до 170 м. Расчетная производительность труда рабочего очистного забоя – не менее 26 т/выход.

Лекция 11

ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ И НАДЕЖНОСТЬ УГЛЕДОБЫВАЮЩИХ КОМПЛЕКСОВ

Основная функция систем очистного забойного оборудования – выемка полезного ископаемого с требуемой производительностью, определяемой из условия обеспечения заданной нагрузки на очистной забой.

Угледобывающие комплексы состоят из различных по функциональному назначению машин – выемочной, доставочной и механизированной крепи; производительность этих машин измеряется характерными для них единицами.

Производительность комплекса оценивается количеством угля или другого полезного ископаемого, добываемого в единицу времени.

Производительность комплексов зависит от целого ряда факторов: горно-геологических и горнотехнических условий работы, режимных и конструктивных параметров очистных и доставочных машин и механизированных крепей, степени использования очистной машины комплекса (комбайна или струга) во времени.

Поэтому различают три вида производительности: теоретическую Q, техническую $Q_т$ и эксплуатационную $Q_э$.

Теоретическая производительность определяется количеством полезного ископаемого, добываемого за единицу времени (1 мин или 1 ч) непрерывной работы очистной машины комплекса с рабочими параметрами, максимальными для соответствующих условий эксплуатации. При правильном выборе и увязке режимных и конструктивных параметров забойного оборудования теоретическая производительность комплекса равна теоретической производительности его очистной машины.

Теоретическая производительность (т/ч) угледобывающего комбайнового комплекса

$$Q = 60\, H_{пл}\, B_з\, \gamma\, \upsilon_п, \qquad (11.1)$$

где $H_{пл}$ – вынимаемая комплексом мощность пласта, м; $B_з$ – ширина захвата исполнительного органа комбайна, м; γ – плотность полезного ископаемого, т/м^3; $\upsilon_п$ – рабочая скорость подачи комбайна, м/мин.

Для струговых комплексов

$$Q = 3600\, H_{пл}\, h\, \gamma\, \upsilon_р, \qquad (11.2)$$

где h – толщина стружки, отделяемой стругом от массы пласта, м; $\upsilon_р$ – скорость резания струга, м/с.

По теоретической производительности машины для очистных работ определяются конструктивные и режимные параметры доставочных машин, погрузочных органов очистных машин, скорость крепления призабойного пространства механизированной крепью.

Техническая производительность связана с теоретической соотношением

$$Q_m = Q\, k_m, \qquad (11.3)$$

где $k_т$ – коэффициент технически возможной непрерывности работы очистной машины комплекса.

В общем случае коэффициент $k_т$ представляет собой отношение

$$k_m = t_p/(\, t_p + t_{в.о} + t_{у.о}) \,, \qquad (11.4)$$

где $t_р$ – время работы очистной машины; $t_{в.о}$ – затраты времени на выполнение вспомогательных операций (концевых, маневровых, по зачистке забоя); $t_{у.о}$ – затраты времени на устранение отказов.

При расчете значений $k_т$ по формуле (11.4) значения $t_р$, $t_{в.о}$ и $t_{у.о}$ должны приниматься для одного и того же календарного периода времени выполнения системой забойного оборудования полного рабочего цикла.

Эксплуатационная производительность определяется с учетом всех видов простоев при работе комплекса, поэтому она характеризует фактическое количество полезного ископаемого, получаемого в конечном счете из очистного забоя.

Эксплуатационная производительность $Q_э$ связана с теоретической Q соотношением

$$Q_э = Q\, k_э, \qquad (11.5)$$

где $k_э$ – коэффициент непрерывности работы очистной машины комплекса в процессе эксплуатации

$$k_э = t_p \,/\, (t_p + t_{в.о} + t_{у.о} + t_{э.о}) \,. \qquad (11.6)$$

Из сопоставления (11.6) и (11.4) видим, что в формуле (11.6) появляется в знаменателе дополнительное слагаемое $t_{э.о}$ – время простоев по эксплуатационным, организационным и техническим причинам (отсутствие порожняка, остановка оборудования транспортного комплекса, отсутствие электроэнергии, организационные неполадки), независящим от конструкции очистной машины, комплекса, схемы его работы и уровня надежности.

В соответствии с ГОСТ 27.002 – 83 «Надежность в технике. Термины и определения» н а д е ж н о с т ь ю технических объектов называется их свойство сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять заданные функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, ремонтов, хранения и транспортирования.

Надежность – сложное свойство, характеризуемое безотказностью, долговечностью, ремонтопригодностью и сохраняемостью.

Безотказность – свойство объекта непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение некоторого времени или некоторой наработки, измеряемой, например, тоннами добытого угля, машино-часами.

В качестве показателя для оценки безотказности горно-шахтного оборудования используется показатель «Средняя наработка на отказ» («Наработка на отказ») – T_0, представляющая собой среднее значение наработок ремонтируемого объекта между отказами.

Долговечность – свойство объекта сохранять работоспособное состояние до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонтов. Предельным называется состояние объекта, при котором его дальнейшее применение по назначению недопустимо или нецелесообразно.

Для количественной оценки долговечности горных машин используют показатели: «Средний ресурс до капитального ремонта», «Установленный ресурс до капитального ремонта», «Межремонтный ресурс». При этом под ресурсом (техническим ресурсом) понимается наработка объекта от начала до эксплуатации или ее возобновления после ремонта определенного вида до перехода в предельное состояние.

Ремонтопригодность – свойство объекта, заключающееся в его приспособленности к предупреждению и обнаружению причин возникновения отказов и поддержанию и восстановлению работоспособного состояния путем проведения технического обслуживания и ремонтов. При этом отказом называется событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния объекта.

В качестве одного из показателей ремонтопригодности оборудования используют среднее время восстановления работоспособного состояния объекта – $T_в$.

Отношение вида

$$k_г = T_0 / (T_0 + T_в) \qquad (11.7)$$

называется коэффициентом готовности.

Как следует из (11.7), для определения коэффициента готовности горной машины или комплекса в целом необходимо знать значения показателей: средняя наработка на отказ – T_0 и среднее время восстановления работоспособного состояния – $T_в$.

Коэффициент готовности большинства современных очистных комбайнов составляет 0,92-0,96. Большее значение у комбайна 2КШЗ. Коэффициент готовности комбайнов К103, модернизированных комбайнов 1К101У и комбайнов 1ГШ68 составляет 0,94-0,95.

Средние значения ресурса комбайнов до первого капитального ремонта приведены ниже.

Комбайн	К103	МК67М	1К101У	1ГШ68	1ГШ68Е	КШ1КГУ	
Ресурс до капитального ремонта, тыс.т	160-210	180	210	325	325	270	
Комбайн	КШЗМ	2КШЗ	РКУ10	РКУ13	РКУ16	РКУ20	РКУП25
Ресурс до капитального ремонта, тыс.т	475	480	350	380	400	500	600

Ниже приведены значения удельного времени восстановления работоспособного состояния $T_{в.у}$ механизированных крепей. Удельное время восстановления работоспособного состояния $T_{в.у}$ представляет собой отношение вида

$$T_{у.в} = T_в / T_о , \qquad (11.8)$$

Крепь	М103	«ДонбасМ»	1МК97Д	МК98	1М88	типа М87УМ	МТ
Удельное время восста-нов-ления, $T_{у.в}$	0,02	0,053	0,05	0,03	0,03	0,04	0,03
Крепь	1МКМ	МК75	4ОКП70	10КП70	20КП70	30КП70	М130
Удельное время восста-новления, $T_{у.в}$	0,124	0,035	0,063	0,042	0,042	0,042	0,05

Коэффициент готовности $k_г$ связан с $T_{в.у}$ следующим образом:

$$k_г = 1 / (1 + T_{у.в}) . \qquad (11.9)$$

Данные о показателях надежности – коэффициенте готовности $k_г$ и суммарной трудоемкости технических обслуживаний и текущих ремонтов конвейеров $W_{тор}$ (чел ·ч/год) – представлены ниже.

Конвейер	СП202В1	СП202	СПЦ161	СП87ПМ	КИЗМ
$k_г$	0,94	0,94	0,96	0,94	0,87
$W_{тор}$, чел -ч /год	5900	5600	4250	5900	-

Конвейер	СУМК75	СУЗОКП70	КМ8102БМ	СП301
$k_г$	0,93	0,93	0,88	0,93
$W_{тор}$,чел -ч/год	-	4100	5918	5190

В настоящее время перед проектно-конструкторскими институтами и заводами угольного и горного машиностроения стоит важная задача по дальнейшему повышению показателей технического уровня, надежности и качества изготовления горных машин и комплексов для угольной и других отраслей горнодобывающей промышленности страны.

Планируется довести среднюю наработку на отказ T_0 очистных комбайнов, забойных скребковых конвейеров и механизированных крепей не менее чем до 36 ч. Это позволит повысить среднюю наработку на отказ угледобывающих механизированных комплексов в целом до 10-12 ч.

Лекция 12

УГЛЕДОБЫВАЮЩИЕ АГРЕГАТЫ

Угледобывающие комплексы с механизированными крепями разрабатывались и разрабатываются в основном для осуществления цикличной технологии выемки угля с перерывами в работе очистной машины при выполнении вспомогательных (концевых и маневровых) операций. Технология выемки угля с помощью угледобывающих комплексов многооперационная и требует постоянного присутствия людей в очистном забое.

В 50-х годах XX в. в СССР были развернуты работы по созданию угледобывающих агрегатов, т.е. таких систем очистного забойного оборудования, в которых различные функциональные машины имеют не только технологические (широко- и узкозахватные комплекты очистного оборудования) и кинематические связи (угледобывающие комбайновые и струговые комплексы), но главным образом конструктивные связи.

Испытания первого очистного агрегата А2 конструкции института «Гипроуглемаш» начались в 1958 г. на шахте «Ново-Мосьпино» в Донецком угольном бассейне. Агрегат А2 имел в своем составе струговой исполнительный орган челнокового действия, передвижной скребковый конвейер, механизированную крепь, перегружатель и гидрооборудование. Особенность этого агрегата – наличие структурно развитой базы, которую составляли став конвейера и забойные секции крепи, располо-

женные по длине очистного забоя через одну с посадочными секциями. За период с 1958 по 1965 г. в Донецком бассейне испытывались 8 шт. опытной партии агрегатов А2.

Несмотря на то, что при испытаниях агрегатов на пластах мощностью 1,3-1,8 м фактическая среднесуточная добыча угля (269 т) далеко не достигла расчетного значения 1000 т, экономические показатели работы агрегата были положительными.

Дальнейшее развитие структура очистного агрегата получила в конструкции стругового автоматизированного агрегата СА (разработчики – МГИ и Узловский машиностроительный завод). Агрегат в своем составе имел: струговый исполнительный орган челнокового действия, скребковый забойный конвейер, механизированную забойную крепь оградительно-поддерживающего типа, крепи сопряжения и системы направленного передвижения в плоскости и профиле пласта. Став конвейера и соединенные с ним шарнирно забойные секции крепи составили базу агрегата, которая передвигалась на забой фронтально. В качестве базовых использовались обычные секции механизированной крепи (каждая вторая секция).

Опытная партия агрегатов СА в количестве 5 шт. прошла испытания на шахтах Подмосковного и Кузнецкого угольного бассейнов в 1964-1970 гг. В целом результаты испытаний были положительными. Производительность труда рабочего очистного забоя составила 68,3 т/выход, а участковая себестоимость угля – 0,45 руб. Однако устойчивой расчетной нагрузки на забой получить не удалось. Вместо 1200 т/сут она составила фактически 670 т/сут.

Большую роль в отечественном агрегатостроении сыграла разработка Гипроуглемашем конструкции агрегата А3. Многие технические решения, заложенные в этом агрегате, нашли эффективное применение в последующих типах агрегатов.

Если в агрегатах А2 и СА при фронтальной подаче базы на забой использовался струговый исполнительный орган цикличного действия, то в агрегате А3 был применен многоструговый отбойно-доставочный кольцевой исполнительный орган, замкнутый в вертикальной плоскости. Крепь агрегата состояла из одностоечных секций оградительно-поддерживающего типа. Для подачи отбойно-доставочного органа на забой, а также крепи с активным подпором на каждой секции предусмотрены два гидродомкрата – по одному у основания и перекрытия.

В агрегате А3 была предусмотрена фронтальная обработка угольного забоя одновременно по всей длине очистного забоя на всю вынимаемую мощность пласта при непрерывной подаче отбойно-доставочного органа

агрегата на забой; фронтальная, одновременная передвижка групп секций крепи по всей длине очистного забоя; дистанционное управление агрегатом с находящегося в штреке пульта управления.

Агрегат А3 имел недостаточную управляемость в профиле пласта. Кроме того, отсутствие забойного конвейера и доставка отбитого угля каретками и скребками исполнительного органа приводили к его переизмельчению, большому пылеобразованию, низкой производительности и большой энергоемкости процесса выемки. Все это не позволило достичь агрегату А3 на пологом пласте устойчивых технико-экономических показателей.

Вместе с тем при опытной эксплуатации этого агрегата на крутом пласте на шахте «Новая» в Кузбассе была достигнута месячная добыча 6000 т при максимальной суточной производительности 400 т. Этим агрегатом был отработан столб длиной 350 м. С учетом этого положительного результата дальнейшие работы над агрегатом продолжались с целью приспособления его к эксплуатации на крутых пластах и был создан агрегат АКЗ, который в настоящее время выпускается серийно.

Агрегат А3 и другие агрегаты, выполненные по указанной принципиальной схеме (АКЗ, Ф1), получили название фронтальных агрегатов. Такие агрегаты позволяют осуществлять: малооперационную технологию работ в очистном забое; совмещение во времени всех операций в очистном забое и на прилегающих штреках; вывод людей из забоя во время выполнения этих операций.

Фронтальный агрегат АКЗ предназначен для выемки наклонных и крутых пластов мощностью 1,6-2,5 м с сопротивляемостью угля резанию до 200 кН/м, породами кровли средней устойчивости и сопротивлением почвы вдавливанию до 0,75 МПа.

Основные элементы агрегата АКЗ (рис. 12.1): кольцевой струговой исполнительный орган 2, состоящий из пластинчатой цепи 17, 11 шт. резцовых кареток 14 и двух приводов 1 и 5 по концам очистного забоя; став 15 агрегата, состоящий из оснований 3 и телескопических передних стенок 13 с верхними и нижними направляющими 9 и 4 исполнительного органа 2; механизированная крепь 10 – секционная одностоечная оградительно-поддерживающего типа, состоящая из верхняков 21, спинок 20, стоек 19 и башмаков 16 с опорами 18 для установки стоек; две крепи сопряжений 8 и 11 с конвейерным и вентиляционным штреками; скребковый перегружатель 6 на колесном ходу, пульт управления 7, магнитная станция МСВ, три насосные станции СНУ5, оросительная установка НУМС200С, гидро- и электроразводка.

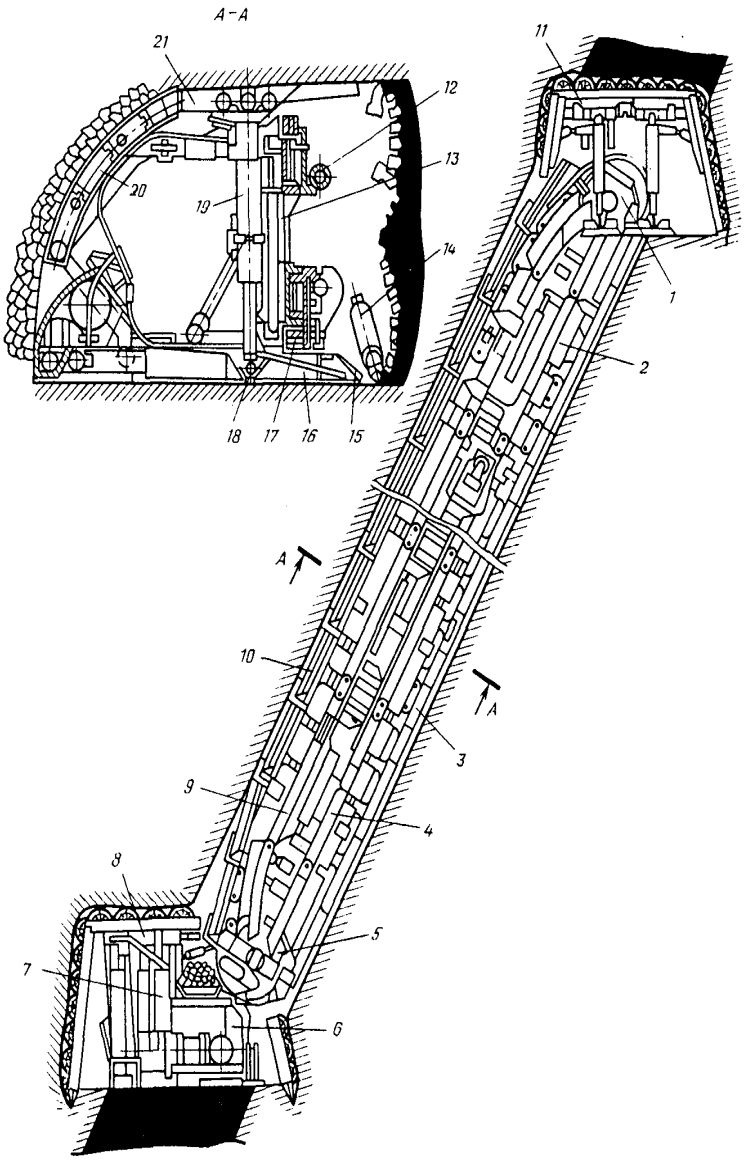


Рис. 12.1. Фронтальный агрегат АКЗ

При работе агрегата его став вместе с направляющими 12 резцовых кареток 14 и исполнительным органом в целом движется на забой, отталкиваясь секционными домкратами от распертых секций. Уголь отбивается кольцевым струговым исполнительным органом и самотеком транспортируется до штрекового перегружателя. Управление скоростью подачи исполнительного органа на забой и разворотом става агрегата осуществляется с центрального, расположенного на штреке, пульта управления 7.

После выбора хода домкратов 1/3 всех секций крепи последние дистанционно разгружаются, подтягиваются своими домкратами к движущемуся ставу, а затем распираются и включаются на подачу става. В период выдвижки 1/3 секций став движется на забой за счет домкратов остальных 2/3 секций. Информация о выдвижке секций крепи с помощью встроенных в гидродомкраты датчиков (герконов) отображается на пульте индикации. Крепи сопряжения передвигаются при местном управлении двумя машинистами. Таким образом обеспечивается работа агрегата по добыче угля без присутствия людей в очистном забое и с минимальным количеством обслуживающего персонала (агрегат обслуживают четыре человека).

Фронтальный агрегат АКЗ применяется в следующих условиях: система разработки длинными столбами по простиранию: угол падения пласта 35-90^0, длина очистного забоя 60 м.

Теоретическая производительность Q (т/ч) фронтального агрегата

$$Q = 60\, H_{пл}\, L\, \gamma\, \upsilon_y, \qquad (12.1)$$

где $H_{пл}$ – вынимаемая мощность пласта угля, м; L – длина очистного забоя, в котором работает агрегат, м; γ – плотность угля, т/м^3; υ_y – скорость фронтальной подачи исполнительного органа агрегата, м/мин.

Для фронтальных агрегатов цикличного действия с кольцевым струговым исполнительным органом имеют место несовмещенные с работой исполнительного органа концевые операции, включающие в себя передвижку групп секций лавной крепи после выдвижения базы на величину хода гидроцилиндров подачи базы агрегата на забой и крепи сопряжения очистного забоя со штреками.

Техническая $Q_т$ и эксплуатационная $Q_э$ производительность агрегатов цикличного действия рассчитываются по формулам (11.3) и (11.5) для угледобывающих комплексов.

Если на фронтальном агрегате перемещение на забой групп секций крепей очистного забоя и сопряжения совмещено с перемещением на забой базы, а следовательно, и исполнительного органа агрегата, то

полностью исключаются концевые операции, и такой агрегат по конструктивной схеме является агрегатом непрерывного действия.

Для фронтального агрегата непрерывного действия коэффициент совершенства схемы работы $k_c = 1$ и

$$Q_m = 60\, H_{пл}\, L\, \gamma\, \upsilon_y\, k_г\,. \qquad (12.2)$$

Техническая производительность фронтального агрегата непрерывного действия полностью определяется теоретической производительностью его исполнительного органа ($60\, H_{пл}\, L\, \gamma\, \upsilon_y$) и уровнем надежности агрегата, оцениваемым значением коэффициента готовности $k_г$. Причем значение $k_г$ полностью определяет значение коэффициента технически возможной непрерывности работы агрегата $k_т$.

Таким образом уровень надежности автоматизированных фронтальных агрегатов, предназначенных для выемки угля без присутствия людей в забое, определяет, главным образом, возможность выполнения такими агрегатами своих функций. Необходимость посылки людей в очистной забой диктуется только необходимостью ликвидации отказов забойных элементов агрегата.

На крутых пластах нашли также широкое применение конвейероструговые агрегаты 1АНЩ и 2АНЩ.

Агрегаты предназначены для комплексной механизации очистных работ на пластах с углом падения 35-90^0 мощностью от 0,7 до 1,3 м (1АНЩ) и от 1,2 до 2,2 м (2АНЩ) широкими полосами (60 м) по падению пласта при сопротивляемости угля резанию до 200 кН/м. Агрегат 1АНЩ (рис. 12.2) состоит из гидрофицированной щитовой крепи, конвейероструга 1, насосной станции, электрического или пневматического оборудования и системы орошения, расположенных на вентиляционном штреке. Конвейероструг представляет собой выемочно-доставочную машину фронтального действия, осуществляющую выемку угля по всей мощности пласта и длине забоя, а также доставку его к углеспускной печи. Щитовая крепь агрегата состоит из двух групп двухстоечных секций (стойки двойной гидравлической раздвижности): основных 2 и вспомогательных 4, чередующихся через одну. Каждая группа секций кинематически обособлена, передвигается принудительно. Основные двухстоечные секции состоят из линейных секций 2, секций подвески конвейероструга 2$''$ и концевых 2$'$. Секции подвески в отличие от линейных имеют на основании проушины, в которых закреплены гидравлические телескопические (с гидродомкратами) рычаги подвески 5. К основанию секции приварена опора и установлен гидродомкрат 6 качания конвейероструга. Основные секции соединены между собой в единую группу двумя рядами связей по передним и задним гидростойкам.

Таблица 12.1.

Параметры	1АНЩ	3АНЩ
Вынимающая мощность пласта, м	0,7-1,3	1,2-2,2
Длина агрегата, м	60	60
Глубина захвата,м	0,7	0,63
Расчетная производительность, т/мин	1,5-2	1,5-2
Масса агрегата,т	160	168
Конвейероструг		
Мощность привода, кВт:		
электрического	75	75
пневматического (при Р = 0,3 МПа)	35×2	35×2
Напряжение , В	660	660
Скорость резания, м/с:		
при электроприводе	1,3	1,3
при пневмоприводе	0,9	0,9
Скорость подачи, м/мин	0-0,2	0-0,2
Механизированная крепь		
Высота секции, мм:		
минимальная	640	1200
максимальная	1370	2200
Число стоек в секции	2	2
Рабочее давление в гидросистеме, МПа	20	20
Сопротивление крепи, кН/м^2		
при предварительном распоре	100	125
при срабатывании предохранительного	170	170
клапана	0,7	0,7
Коэффициент затяжки кровли		

Вспомогательные секции 4, с основаниями клиновидной формы, установлены между основными, не имеют между собой кинематической связи и соединены гидродомкратами 3 подачи секций с конвейероструг 1.

В исходном положении основные и вспомогательные секции крепи придвинуты к забою и расперты. Конвейероструг находится в контакте с углем. Далее включаются привод конвейероструга и насосная станция. Конвейероструг гидродомкратами телескопических рычагов подается на забой для получения первоначального вруба. Гидродомкраты 3 вспомогательных секций при этом раздвигаются. Далее гидродомкратами 6 конвейероструг перемещается к почве пласта и происходит выемка угля по всей мощности пласта. При этом гидродомкраты основных и вспомогательных секций раздвинуты на шаг выемки (глубину вруба).

Вспомогательные секции разгружаются и подтягиваются гидродомкратами 3 к балке конвейероструга одновременно по всей длине или поочередно. После передвижки вспомогательные секции снова распираются в боковые породы. Затем производятся снятие распора, передвижение гидродомкратами и распор основных секций 2 крепи.

Агрегат 2АНЩ имеет аналогичную конструкцию.

Основные технические данные агрегатов 1АНЩ и 2АНЩ приведены в табл. 12.1.

В настоящее время разрабатываются модернизированные конструкции агрегатов 1АНЩ и 2АНЩ. У них повышена суммарная мощность приводов в электрическом исполнении до 185 кВт и в пневмоисполнении до 125 кВт. Это позволяет повысить расчетную производительность до 2,2-3 т/мин. Сопротивление поддерживающей части крепи увеличено до 250 кН/м^2. Коэффициент затяжки кровли возрос с 0,7 до 0,75. Ресурс до капитального ремонта составляет 240 тыс. т. Управление агрегатами дистанционно-автоматизированное.

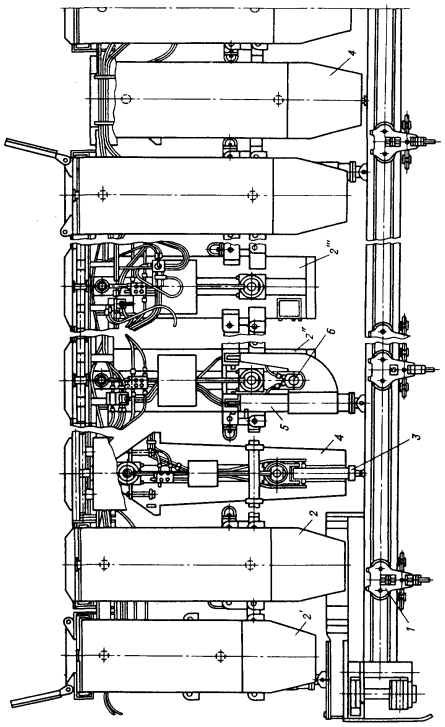


Рис. 12.2. Конвейероструговый щитовой агрегат 1АНЩ

Лекция 13

ГОРНОПРОХОДЧЕСКИЕ МАШИНЫ И КОМПЛЕКСЫ. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ И КЛАССИФИКАЦИЯ

Ежегодно на угольных шахтах бывшего СССР проводилось около 6000 км подготовительных выработок, сооружалось около 30 км вертикальных и капитальных горизонтальных горных выработок (данные 1989 года).

Проведение подготовительных выработок осуществляется проходческими комбайнами и комплексами с буровзрывным способом разрушения и погрузкой разрушенной горной массы погрузочными машинами.

С ростом комбайнового способа проведения выработок число погрузочных машин на шахтах сократилось, но продолжает оставаться еще достаточно большим. Такое положение объясняется главным образом тем, что основной способ проведения подготовительных выработок по породам, а также с присечкой боковых пород с коэффициентом крепости $f \geq 7 \div 8$ – это буровзрывной способ с применением погрузочных машин.

При проведении подготовительных выработок различают основные и вспомогательные производственные процессы. К основным относятся: разрушение, погрузка горной массы, крепление проводимой выработки, к вспомогательным – настилка путей (сооружение транспортных коммуникаций), вентиляция, водоотлив, доставка оборудования и материалов.

Средства механизации основных проходческих операций: машины и механизмы для бурения и зарядки шпуров и скважин; погрузочные машины; машины и механизмы для временного и постоянного крепления горных выработок; проходческие комбайны; комплексы для проведения горизонтальных и наклонных выработок; щитовые проходческие комплексы и комплексы оборудования для сооружения тоннелей. К средствам механизации вспомогательных проходческих операций относятся: путеукладчики; машины для сооружения водоотливных канавок, прокладки труб, кабелей; машины для дренажных работ; механические гайковерты и др.

В зависимости от взаимосвязи выполняемых процессов могут быть две основные технологические схемы проведения выработок – цикличная и поточная.

При цикличной технологии основной процесс выемки горной массы осуществляется с перерывами, вызванными необходимостью выполнения других операций, которые не могут быть совмещены с основными. К цикличной технологии относятся все случаи проведения подготовительных выработок буровзрывным способом, а также комбайновая проходка выработок в условиях, когда для возведения временной или постоянной крепи требуются перерывы в работе комбайна.

При поточной технологии все производственные процессы совмещают во времени, что позволяет практически непрерывно извлекать горную массу из забоя выработки. Поэтому для ускорения темпов ведения горнопроходческих работ необходима комплексная механизация не только основных, но и вспомогательных процессов.

Способ проведения выработки и конструктивные параметры проходческого оборудования зависят от крепости пород, по которым проводится выработка, размеров, формы сечения выработки и ее протяженности. При породах с коэффициентом крепости $f > 8$ применяется, как правило, буровзрывной способ проведения выработок. При полностью породном забое и породах с коэффициентом крепости $6 < f < 8$ могут применяться проходче-

ские комбайны бурового типа. Если же приходится присекать породы указанной крепости в объеме до 30 % площади забоя или породы крепостью 4< f<6 в объеме до 70% площади забоя, то могут использоваться проходческие комбайны со стреловидным исполнительным органом тяжелого типа.

Выработки со смешанным забоем при крепости пород f<4 могут проводится комбайнами легкого типа со стреловидными исполнительными органами.

Крепость пород влияет также на выбор бурильных и погрузочных машин при буровзрывном способе проведения выработок.

Конструкции горнопроходческих машин и комплексов должны по своим габаритам удовлетворять требованиям правил безопасности; иметь, как правило, дистанционное и автоматизированное управление; обеспечивать заданное направление проведения выработки; обеспечивать пылеподавление, шум и вибрацию в пределах санитарных норм.

Лекция 14

ПОГРУЗОЧНЫЕ, БУРОПОГРУЗОЧНЫЕ И ПОГРУЗОЧНО-ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ. ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ МАШИН

Погрузочные машины обеспечивают захват разрыхленной горной массы рабочим органом, ее подъем на определенную высоту и перегрузку в транспортные средства, а также транспортирование насыпного груза на некоторое расстояние. На угольных и рудных шахтах погрузочные машины предназначены для механизации процесса погрузки отделенной от массива буровзрывным способом горной массы в транспортные средства при проведении подземных подготовительных выработок, а также при очистных работах при камерно-столбовой системе разработки руд.

По принципу работы погрузочные машины могут быть периодического действия с ковшовым погрузочным органом и непрерывного действия с нагребающими лапами. По способу захвата отделенной от массива горной массы выпускаемые в настоящее время машины бывают нижнего или бокового захвата, а по способу передачи груза на транспортное средство – с прямой задней и боковой погрузкой (ковшовые машины) и со ступенчатой задней погрузкой (ковшовые машины и машины с нагребающими лапами и ленточным или скребковым конвейером для подачи горной массы от нагребающих лап в транспортное средство).

Погрузочные машины периодического действия. Ковшовые погрузочные машины периодического действия могут быть машинами

прямой и ступенчатой погрузки. Они широко применяются при проведении выработок и имеют достаточно большое число типоразмеров. В ковшовых погрузочных машинах ковш может быть закреплен на перекатывающейся рукояти или на шарнирной стреле.

К преимуществам погрузочных машин с ковшом на перекатывающейся рукояти относятся маневренность и компактность, к недостаткам – большая высота подъема ковша при его разгрузке. Отечественная промышленность выпускает погрузочные машины на перекатывающейся рукояти ППН-1с, ППН2г, ППН-3с с вместимостью ковша соответственно 0,2; 0,32 и 0,5 $м^3$.

Погрузочная машина ППН-1с (рис. 14.1) прямой погрузки, пневматическая, на колесном ходу состоит из ковшового погрузочного органа 1 с рукоятью 4; ходовой тележки 7 с лебедкой для подъема ковша, установленной в корпусе машины 3; поворотной платформы 6; двух пневматических двигателей 2 и пульта управления 5. Машина предназначена для погрузки в вагонетки разрушенной и разрыхленной взрывом горной породы (сухой и влажной) с крупностью кусков до 300 мм. Машина производит погрузку с рельсового пути. Привод машины осуществляется двумя пневматическими двигателями мощностью 9 кВт каждый.

Пневматическая погрузочная машина ППН-3 по компоновке и принципу действия аналогична машине ППН-1с, но отличается большими вместимостью ковша, мощностью привода и фронтом погрузки.

Погрузочная машина ППН2г выпускается на гусеничном ходу и имеет индивидуальный привод гусениц. Благодаря этому возможны повороты машины вокруг точки вращения, а следовательно, и внедрение ковша в породу в различных направлениях без отхода назад. Машина может грузить куски разрыхленной горной массы крупностью до 400 мм.

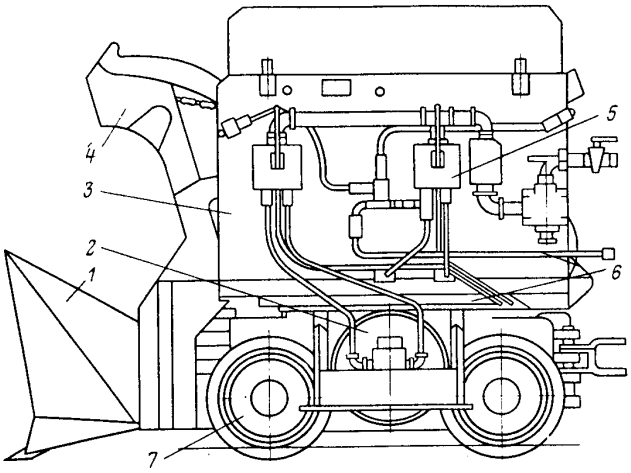


Рис. 14.1. Погрузочная машина цикличного действия ППН-1с
с ковшом на перекатывающейся рукояти

К ковшовым погрузочным машинам с креплением на шарнирной стреле относятся машины 1ППН5, 1ППН5П (с пневмоприводом) и ПП-М4У. Это машины периодического действия, разгрузка ковша – назад, погрузка ступенчатая.

Машины 1ППН5 и 1ППН5П используются при проведении горизонтальных выработок с коэффициентом крепости пород $f \leq 16$. При проведении выработок с углом наклона до 18^0 применяется машина ПП-М4У, которая оборудована дополнительно грузовым тормозом, подвесным (канатным) и стопорными устройствами.

Исполнительный орган указанных машин состоит из ковша, стрелы, ковшовых цепей, амортизационных цепей и пружин.

Основные технические данные ковшовых погрузочных машин приведены в табл. 14.1.

За рубежом и в России в настоящее время создаются ковшовые погрузочные машины с боковой разгрузкой ковша, которые обеспечивают сокращение продолжительности рабочего цикла за счет уменьшения длины пути ковша, возможность работы машины в сочетании с конвейерным и рельсовым транспортом.

В России выпускается погрузочная машина с боковой разгрузкой ковша МПКЗ. Она применяется при проведении горизонтальных и на-

клонных (с углом $\pm 10^0$) горных выработок в породах с коэффициентом крепости $f \leq 16$, сечением в свету не менее: 14,4 $м^2$ – при погрузке в вагонетки; 10,3 $м^2$ – при погрузке на ленточный конвейер и 6,4 $м^2$ – при погрузке на скребковый конвейер.

Таблица 14.1.

Параметры	Прямой погрузки		Ступенчатой погрузки		
	Для горизонтальных выработок				Для наклонных выработок
	ППН-1с	ППН 2г	ППН-3с	1ППН5 (1ППН5П)	ППМ4У
Производительность техническая,$м^3$/мин	0,8	1,0	1,25	1,25	1,25
Установленная мощность, кВт	17,7	36,8	38,3	21,5 (53,8)*	21,5
Вместимость ковша, $м^3$	0,2	0,32	0,5	0,32	0,32
Высота разгрузки, мм	1300	1500	1650	1450	1450
Фронт погрузки, мм	2200	-	3200	4000	4000
Основные размеры, мм:					
длина	2250	2600	-	7535	8200
ширина	1250	1450	1500	1400	1800
Высота транспортная	1500	1750	1800	1750	1750
Высота максимальная	2250	2250	2800	2250	2350
Масса, т	3,5	5,0	6,8	9	10

*Погрузочная машина ППН5-П

Машина МПКЗ (рис. 14.2) состоит из погрузочного органа (ковша) 1, гусеничного механизма перемещения 5, гидросистемы 3, электрооборудования 4, системы орошения 2 и насосной станции 6. Вместимость ковша машины не менее 1 $м^3$, размеры погружаемых кусков – до 800 мм, техническая производительность – не менее 2,4 $м^3$/мин. Насосная станция – основная энергетическая система машины.

Черпание, подъем и поворот ковша осуществляются гидроцилиндрами.

Погрузочные машины непрерывного действия – это машины с нагребающими лапами; преимущество их – более высокая производительность, чем у ковшовых машин, но вместе с этим они имеют более сложную конструкцию и более высокую стоимость.

Машины с нагребающими лапами выпускаются двух основных типоразмеров – 1ПНБ (1ПНБ2, 1ПНБ2У, 1ПНБ2Д) и 2ПНБ (2ПНБ2, 2ПНБ2У).

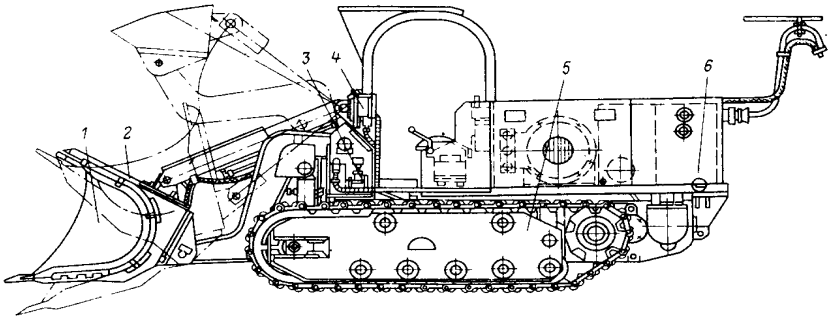


Рис. 14.2. Погрузочная машина цикличного действия МПКЗ с боковой разгрузкой ковша

Машины первого типоразмера предназначены для погрузки на транспортные средства отделенной горной массы с коэффициентом крепости $f \leq 6$ и размером кусков не более 400 мм, а второго типоразмера – горной массы с $f \leq 12$ и крупностью кусков до 500 мм.

Машины 1ПНБ2, 1ПНБ2Д (с дистанционным управлением) и 2ПНБ2 грузят горную массу в вагонетки, на конвейер и другие транспортные средства при проведении горизонтальных и наклонных (до 10^0) выработок. В исполнениях 1ПНБ2У и 2ПНБ2У машины выпускаются в комплекте с предохранительными лебедками и используются при проведении наклонных по падению с углом до 18^0 выработок.

Все погрузочные машины с нагребающими лапами имеют гусеничное ходовое оборудование, электрический привод и идентичную компоновку.

Погрузочная машина 2ПНБ2 (рис. 14.3) состоит из следующих основных элементом: рабочего органа (нагребающих лап) 1 со столом питателя 14, ходового оборудования 7, конвейера 17, электрооборудования 20, гидросистемы 4, рукояток управления 3 и орошения 21.

Нагребающая часть состоит из рамы 12, редукторов лап 13, промежуточных редукторов 2, лап с кулисами 1 и двигателей 11.

Ходовая часть имеет редуктор с электродвигателем, раму 8, балансиры 9 и гусеничные цепи 10. Скребковый конвейер выполнен в виде соединенных шарнирно поворотного стола 15, промежуточной 5 и хвостовой 6 секций, что позволяет устанавливать разгрузочный конец

стрелы конвейера в необходимое положение по отношению к транспортным средствам.

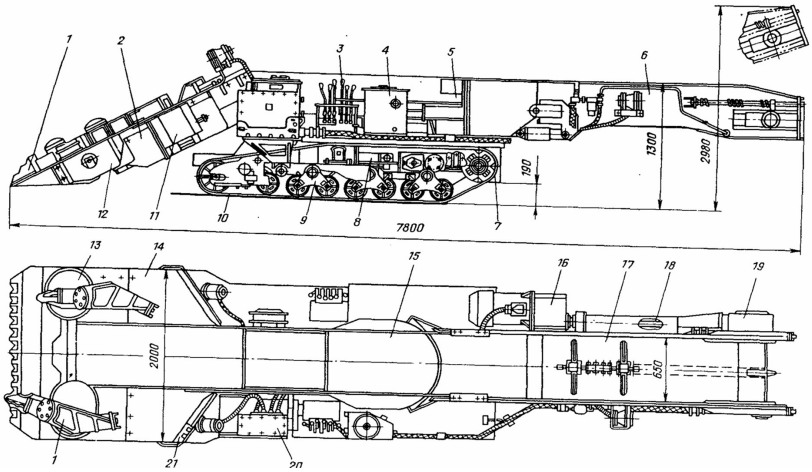


Рис. 14.3. Погрузочная машина непрерывного действия 2ПНБ2 с нагребающими лапами

Привод конвейера состоит из редуктора 16 и приводной головки 19, соединенных между собой шарнирным телескопическим валом 18.

Электрооборудование машины выполнено в рудничном взрывобезопасном исполнении на напряжение 380 или 660 В.

Основные технические данные погрузочных машин с нагребающими лапами приведены в табл. 14.2.

Таблица 14.2

Параметры	1ПНБ2	1ПНБ2У	2ПНБ2	2ПНБ2У
Производительность техническая, $м^3/с$ ($м^3/мин$), с углом наклона выработок, градус:				
от 0 до 10	0,037 (2,2)	0,037 (2,2)	0,042 (2,5)	0,042 (2,5)
от 10 до 18	-	0,021 (1,25)	-	0,021 (1,25)
Установленная мощность, кВт	33,5	50,5	67	84*
Ширина захвата рабочего органа, мм, не более	1800	1800	2000	2000

Рабочая скорость перемещения машины, м/с	0,17	0,17	0,15	0,15
Наибольшая высота конца стрелы конвейера над почвой, мм	2030	2030	2980	2980
Основные размеры машины в транспортном положении, мм не более:				
ширина				
высота	1800	1800	2000	2000
Масса, кг, не более	1250	1350	1450	1450
	7000	7500	12000	12500
*С предохранительной лебедкой				

Определение производительности ковшовых погрузочных машин.

Теоретическая производительность Q ($м^3$/мин) ковшовых погрузочных машин определяется геометрической вместимостью ковша и теоретической продолжительностью рабочего цикла

$$Q = 60\, \upsilon_к / T_ц = n_ц\, \upsilon_к, \qquad (14.1)$$

где $T_ц$ – теоретическая продолжительность цикла, с; $\upsilon_к$ – геометрическая вместимость ковша, $м^3$; $n_ц = 60/T_ц$ – теоретическое число рабочих циклов в минуту.

Продолжительность одного рабочего цикла для машин прямой погрузки с пневматическим приводом обычно 8-10 с; для машин ступенчатой погрузки на шарнирной рукояти с электроприводом – 12-15 с.

Техническая производительность $Q_т$ ($м^3$/мин) определяется по формуле

$$Q_т = Q\, k_з\, k_и\, k_р = n_ц\, k_з\, k_и^{-1}\, k_р\, \upsilon_к, \qquad (14.2)$$

где $k_з$ – коэффициент заполнения ковша; $k_и$ – коэффициент, учитывающий изменение времени цикла в реальных условиях; $k_р$ – коэффициент дополнительного разрыхления горной массы в ковше.

Для горной массы с плотностью 2,2 – 2,8 т/$м^3$ и крупностью кусков 350 мм значения $k_з$ для отношения сцепного веса машины к ширине ковша, составляющего 50-110, находятся в пределах 0,62-1,05, а для горной массы плотностью 2,8-3,6 т/$м^3$ – в пределах 0,38-0,86. Для более крупных кусков приведены значения $k_з$ которые должны быть уменьшены в 1,4–1,2 раза.

Коэффициент $k_и$ составляет 0,92-1,1 – для машин с пневмоприводом и 1,0-1,15 – для машин с электроприводом.

Коэффициент $k_р$ при вместимости ковша до 0,12 м^3 принимается равным 0,92, при большей вместимости – 0,92–0,96.

Эксплуатационная производительность $Q_э$ (м^3/ч) определяется объемом погруженной горной массы в единицу времени работы с учетом всех видов простоев, возможных при работе машины.

$$Q_э = 60\ V_п / t_ц\ , \qquad (14.3)$$

где $V_п$ – полный объем горной массы, погруженной за проходческий цикл, м^3; $t_ц$ – общая продолжительность цикла, мин.

Полный объем горной массы, погруженной за проходческий цикл,

$$V_п = l_ц\ S\ ή_в k_р\ , \qquad (14.4)$$

где $l_ц$ – расчетное подвигание выработки за один цикл, м; S – площадь сечения выработки вчерне, м^2; $ή_в$ – 1,05÷1,08 – коэффициент, учитывающий увеличение сечения выработки против проектного; $k_р$ – коэффициент разрыхления горной массы.

Отделение производительности погрузочных машин с нагребающими лапами

Теоретическая производительность Q (м^3/мин) погрузочной машины с нагребающими лапами

$$Q = 60\ z_л\ n_л\ V_л\ , \qquad (14.5)$$

где $z_л$ – число нагребающих лап; $n_л$ – частота ходов каждой лапы, с$^{-1}$ (обычно $n_л$ = 0,5÷0,6, с$^{-1}$ для тяжелых и $n_л$ – 0,75, с$^{-1}$ для легких грузов); $V_л$ – объем массы, захватываемой каждой лапой за один ход, м^3.

$$V_л = B_з\ d_т\ h_{гр} / 2\ , \qquad (14.6)$$

где $B_з$ – ширина стола питателя погрузочной машины, м; $d_т$ – диаметр ведущих дисков лап; $h_{гр}$ – средняя высота слоя нагребаемой горной массы, м, практически равная высоте нагребающей лапы для слабых и двойной высоте лапы для скальных пород.

Техническая производительность $Q_т$ (м^3/мин) определяется с учетом затрат времени на выполнение вспомогательных операций, связанных с необходимыми маневрами машины по ширине фронта проходческого забоя при погрузке полного объема горной массы за один проходческий цикл,

$$Q_т = Q\ t_р / (t_р + t_{в.о.}), \qquad (14.7)$$

где $t_р$ – время работы машины по погрузке горной массы, мин; $t_{в.о}$ – время на выполнение вспомогательных операций (маневров машины), мин.

Эксплуатационная производительность ($м^3$/ч)

$$Q_з = 60\ Q\ t_р\ /\ t_ц\ , \qquad (14.8)$$

где $t_ц$ – общая продолжительность цикла работы машины, мин.

Буропогрузочные и погрузочно-транспортные машины.

К буропогрузочным относятся погрузочные машины, на которые устанавливается навесное бурильное оборудование, и которые поочередно могут производить обуривание забоя и погрузку породы.

Использование комбинированных буропогрузочных машин сокращает число применяемых в проходческом забое машин и необходимость обмена в забоях подготовительных выработок бурильных установок и погрузочных машин.

Буропогрузочные машины классифицируются по типу базовых погрузочных машин; по типу навесного бурильного оборудования – съемное или несъемное; по числу манипуляторов и бурильных машин; по типу головки бурильной машины; по области применения – для слабых, средних и крепких пород; по роду энергии – электрические, пневматические, гидравлические.

Навесное оборудование состоит из бурильных машин, гидравлических манипуляторов, поворотных устройств, пультов управления – общего и манипуляторами.

Особенность конструкций манипуляторов буропогрузочных машин – синхронизация движений их складывания и поворота бурильной машины.

При сложенном манипуляторе бурильная машина располагается вдоль оси погрузочной машины.

Несъемным навесным бурильным оборудованием со складывающимися манипуляторами оснащаются в основном погрузочные машины непрерывного действия.

На ковшовых погрузочных машинах применяется обычно съемное навесное бурильное оборудование, устанавливаемое на время бурения шпуров.

Для проведения выработок в породах с коэффициентом крепости $f < 8$ применяют электрические бурильные машины вращательного действия, в породах с $f = 8 \div 16$ и более – вращательно-ударные и ударно-вращательные бурильные машины.

Буропогрузочные машины имеют обычно один или два манипулятора и комплектуются одной, двумя и четырьмя бурильными машинами.

В России в настоящее время выпускаются буропогрузочные машины 1ПНБ2Б, 1ПНБ2Бс и 2ПНБ2Б, снабженные одним манипулятором.

Буропогрузочные машины 1ПНБ2Б и 1ПНБ2Бс выполнены на базе погрузочной машины 1ПНБ2 и дополнительно оснащены бурильным оборудованием для бурения шпуров при буровзрывном способе проведения выработок.

Машина 1ПНБ2Бс является модификацией машины 1ПНБ2Б для сланцевых шахт и обеспечивает процесс фронтального и флангового бурения. Обе буропогрузочные машины оснащаются электрическими бурильными машинами вращательного действия.

Система пылеподавления при бурении шпуров машины 1ПНБ2Б предусматривают разводку промывочного шланга для осуществления промывки шпура, а в машине 1ПНБ2Бс в зоне бурения установлена форсунка для орошения устья шпура. Машины комплектуются насосом системы орошения.

Суммарная мощность двигателей буропогрузочных машин 1ПНБ2Б и 1ПНБ2Бс составляет соответственно 41 и 48, 5 кВт.

Буропогрузочная машина 2ПНБ2Б (рис.14.4) выполнена на базе погрузочной машины 2ПНБ2 и предназначена для механизации процессов бурения шпуров и погрузки горной массы с размером кусков до 500 мм при проведении горизонтальных и наклонных ($\pm 8^0$) горных выработок.

Навесное бурильное оборудование включает в себя опорную часть 5, стрелу манипулятора 4, две сменные бурильные установки – электрическую 3 вращательного действия (для пород с $f = 8 \div 12$), пульт управления 6, гидроразводку 2, систему орошения 1.

Гидравлическая система навесного оборудования получает питание от насосной станции погрузочной машины. Сжатый воздух для пневматической бурильный машины подается из магистрального трубопровода, проложенного в выработке. При бурении шпуров пылеподавление осуществляется подачей воды через полую буровую штангу в шпур. Суммарная мощность двигателей буропогрузочной машины составляет 74,5 кВт.

Управление погрузочным органом машины – двустороннее, навесным оборудованием – одностороннее.

Погрузочно-транспортные машины. По конструктивному исполнению погрузочно-транспортные машины делят на два типа:

- с транспортным кузовом (типа ПТ); загружаемым ковшовым погрузочным органом, расположенным на самой машине;

•с совмещением погрузочно-транспортным ковшом (типа ПД), самозагружающимся за одно или несколько черпаний и служащим для транспортирования горной массы.

Рис. 14.4. Буропогрузочная машина 2ПНБ2Б

Погрузочно-транспортная машина типа ПД (рис. 14.5) состоит из исполнительной 1 и приводной 2 частей, шарнирно соединенных между собой, что обеспечивает возможность поворота машины под углом 30^0. На передней полураме самоходного шасси с пневмошинным механизмом перемещения смонтирован ковш 5 со стрелой 4; на задней полураме – двигатель машины, трансмиссия, гидропривод погрузочного органа и механизма поворота машины, кабина машиниста 3.

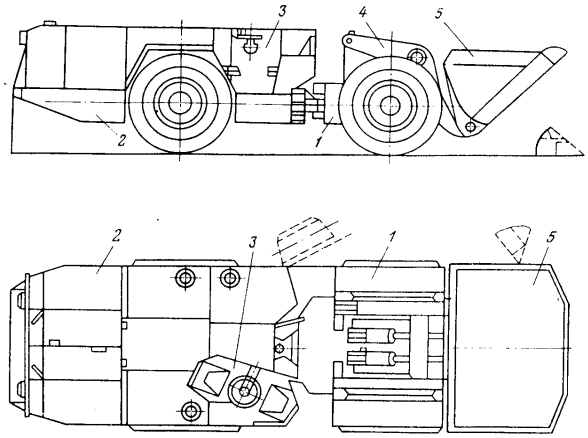


Рис. 14.5. Погрузочно-транспортная машина типа ПД

Основные параметры отечественных погрузочно-транспортных машин приведены в табл. 14.3.

Таблица 14.3

Параметры	Машины с ковшом					Машины с ковшом и кузовом	
	ПД2	ПД3	ПД5	ПД8	ПД12	ПТ4	ПТ6
Вместимость, $м^3$:							
ковша	1,0/0,8	1,5/1	2,5/2	4/3; 4,5	6/4,8; 8	0,2	0,5
кузова	-	-	-	-	-	1,5	2,5
Сечение выработки в свету, $м^2$	5-7	7-9	9-12	12-14	14	7-9	9-12
Рекомендуемое расстояние откатки, м	60	100	125	200	300	220	320
Основные размеры, мм:							
длина	5000	7300	7500	9000	10000	3350	4760
ширина	1320	1700	1900	2500	2800	1800	2360
высота (по кабине)	2120	2120	2240	2500	2600	2120	2120
Масса, т	5	10	16	22,4	28	7	10

В России выпускаются погрузочно-транспортные машины ПД2, ПД3, ПД5, ПД8, ПД12, ПТ4, ПТ6. В обозначениях машин типа ПД цифрами указана грузоподъемность ковша в тоннах, типа ПТ – грузоподъемность кузова.

Наиболее широкое распространение в качестве привода погрузочно-транспортных машин получил дизельный привод.

Машины типа ПД оснащаются дизельными двигателями мощностью от 66 до 200 кВт. Дизельные четырехтактные двигатели снабжены двухступенчатой газоочистительной системой с каталитическим и жидкостным нейтрализаторами.

За рубежом выпускают ковшовые погрузочно-транспортных машин с электроприводом, питание которого производится с помощью электрического кабеля, обеспечивающего плечо доставки до 200 м. Машины типов ПД и ПТ используются на рудных шахтах. Машины типа ПТ имеют пневмопривод, все четыре пневмобаллонных колеса машины являются ведущими. Ковш, закрепленный на шарнирной рукояти, поднимается цепью от лебедки. Кузов машины при разгрузке опрокидывается с помощью гидроцилиндра назад.

Лекция 15

ПРОХОДЧЕСКИЕ КОМБАЙНЫ

Проходческие комбайны служат для механизированного проведения подготовительных выработок на угольных шахтах, рудниках, а также тоннелей при строительстве подземных сооружений.

Комбайновый способ проведения выработок наиболее прогрессивен, так как позволяет совместить во времени наиболее тяжелые и трудоемкие операции по разрушению забоя и уборке из него горной массы. Кроме того при комбайновом способе проведения выработок существенно повышается устойчивость последних, так как монолитность пород в массиве нарушается в меньшей степени, чем при буровзрывных работах. Последнее обстоятельство позволяет снизить расходы на поддержание выработок.

Проходческие комбайны по основным классификационным признакам подразделяются:

➢ *по способу обработки забоя исполнительным органом* – на избирательного (цикличного) действия с последовательной обработкой по-

верхности забоя и бурового (непрерывного) действия с одновременной обработкой всей поверхности забоя;

➢ *по крепости пород разрушаемого горного массива* – для работы по углю и слабой руде с прослойками и присечками слабых пород ($f \leq 4$), для работы по породам средней крепости ($f = 4 \div 8$) и по крепким породам ($f \geq 8$);

➢ *по области применения* – при проведении основных и вспомогательных подготовительных выработок по полезному ископаемому и смешанным забоем, для проведения основных и капитальных выработок и тоннелей по породе и для осуществления нарезных работ по полезному ископаемому;

➢ *по площади сечения проводимых выработок (в проходке)* – для проведения выработок от 5 до 16 м^2, от 9 до 30 м^2 и более 30 м^2.

Кроме перечисленных основных признаков комбайны могут также подразделяться по установленной мощности привода, конструкции исполнительного, погрузочного органов и органов перемещения.

Проходческие комбайны с исполнительными органами избирательного действия применяются преимущественно для проведения выработок по породам с коэффициентом крепости $f \leq 8$, при необходимости изменения в широком диапазоне размеров и формы сечений выработок, а также раздельной выемки полезного ископаемого и породы.

Проходческие комбайны с буровыми исполнительными органами непрерывного действия применяются для проведения выработок постоянного сечения круглой или арочной формы.

Исполнительные органы проходческих комбайнов, выпускаемых в настоящее время, – как правило корончатые, дисковые или комбинированные.

Конические коронки (рис. 15.1а) получили подавляющее применение на стреловидных исполнительных органах проходческих комбайнов избирательного действия ПКЗР, ГПКС, 4ПП-2, 4ПП-5, выпускаемых серийно в России.

Коронки сферической формы, с вращающимися в разные стороны полушариями (рис. 15.1б), устанавливаемые на поворачивающихся в горизонтальном и вертикальном направлениях рукоятях (стрелах), применяются в комбайнах типа «F», выпускаемых в ВНР. Разностороннее вращение полушарий сферической коронки, хотя и усложняет трансмиссию от двигателя к коронке, но позволяет уравновешивать крутящие моменты на исполнительном органе, что весьма существенно для обеспечения устойчивости проходческих комбайнов легкого типа.

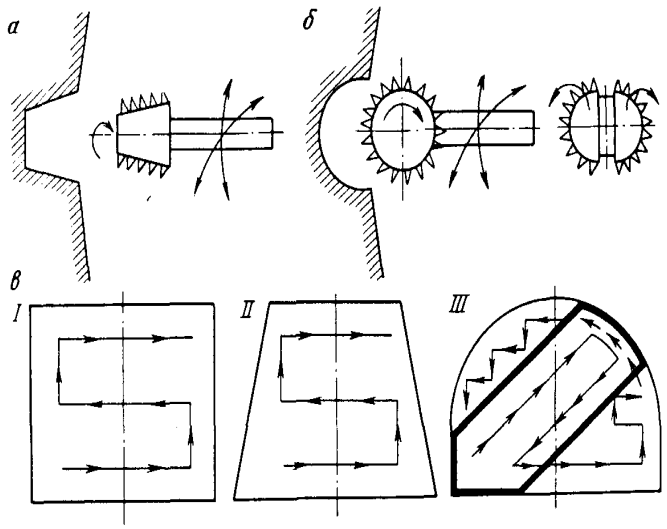


Рис. 15.1. Схемы стреловидных исполнительных органов избирательного действия: *а* – с конической коронкой; *б* – со сферической коронкой; *в* – схема обработки забоя

С помощью указанных исполнительных органов могут проводится выработки прямоугольного (схема I, рис. 15.1в), трапецеидального (схема II, рис. 15.1в) и арочного (схема III, рис. 15.1в) сечений. Ввиду относительно небольших размеров коронок в проходческих комбайнах со стреловидными исполнительными органами облегчен доступ к забою выработок, что позволяет производить замену изношенного рабочего инструмента на коронках без отодвигания комбайна от забоя.

Двух – и трехлучевые коронки большого диаметра применяются так же в роторных исполнительных органах проходческих комбайнов бурового действия.

Роторные исполнительные органы могут быть одноосевыми из одной планшайбы 1 (рис. 15.2а) – комбайн КРТ; соосно-планшайбовыми, состоящими из двух встречно-вращающихся планшайб 1 и 2, сидящих на одной оси (рис. 15.2б) – комбайн ПК8 и параллельно-осевыми – из трех планшайб, расположенных на параллельных осях – комбайн ПК10 (рис.15.2в).

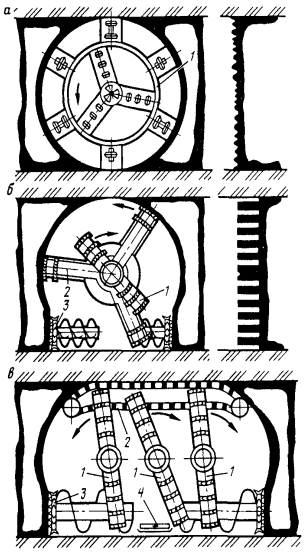


Рис. 15.2. Роторные исполнительные органы бурового действия:
а – одноосевой; *б* – соосно-планшайбовый; *в* – параллельно-осевой

Одноосевой исполнительный орган комбайна КРТ, оснащенный дисковыми или штыревыми шарошками, предназначен для разрушения крепких пород (f≥8).

Соосно-планшайбовые исполнительные органы предназначены для работы по слабым породам и калийным рудам. Встречное вращение внутренней 1 (см. рис. 15.2б) и наружной 2 планшайб позволило уравновесить реактивные крутящие моменты на коронках и улучшить поперечную устойчивость комбайна.

Резцы соосно-планшайбовых исполнительных органов постоянно контактируют с забоем проводимой выработки, прорезая в нем центрические кольцевые щели на глубину до 250-300 мм. Образующиеся между щелями кольцевые породные целички (до 50% площади забоя) разрушаются менее энергоемким способом – скалывателями. Порядка 10-15 % площади забоя разрушаются бермовыми фрезами 3, которые придают сечению выработки арочную форму и одновременно перемещают шнеками разрушенную горную массу к центру выработки, разрушенная горная масса зачерпывается внизу ковшами, расположенными на планшайбе.

Три трехлучевые коронки 1 – планшайбы (см. рис.15.2в), расположенные на параллельных осях, применены в комбайне ПК10, используемом для работы на месторождениях калийных солей. Разностороннее вращение коронок обеспечивает частичное уравновешивание реактивного крутящего момента на исполнительном органе комбайна. Центральная планшайба выдвинута вперед, а две крайние вращаются в одной плоскости.

Для придания выработке овальной формы ее верхняя часть оконтуривается режущей цепью 2. У почвы работают бермовые фрезы 3 со шнековыми валами. Шнеки транспортируют горную массу к центру выработки, где она поступает на скребковый перегружатель 4.

Буровые исполнительные органы по конструктивному исполнению и кинематике движения рабочего инструмента могут быть не только корончатыми роторного типа, но и дисковыми с планетарным движением резцов или шарошек. В приводе таких исполнительных органов используются планетарные редукторы, которые обеспечивают вращение водила 1 (рис. 15.3а) с забурником 2 и вращение дисков 3 с резцами относительно водила 1 (комбайн «Караганда»).

Диски совершают относительное движение с угловой скоростью $\acute{\omega}_0$, а их переносное движение относительно продольной от выработки обеспечивается вращением водила с угловой скоростью $\acute{\omega}_п$. В дальнейшем были созданы серийно выпускаемые в настоящее время проходческие комбайны «Урал-10КСА» и «Урал-20 КСА» с двумя планетарно-дисковыми исполнительными органами на параллельных осях вращения.

Принципиальная схема исполнительного органа комбайна «Урал-20КСА» приведена на рис. 15.3б.

Каждый планетарно-дисковый исполнительный орган комбайна «Урал-20 КСА» кроме двух дисков 3 с осями вращения, параллельными поверхности забоя, имеют по два плоских диска 2 (с осями вращения, перпендикулярными к поверхности забоя), образующих планетарный забурник.

Планетарные исполнительные органы имеют по сравнению с другими более сложную трансмиссию привода. Но благодаря планетарному движению рабочего инструмента возможна обработка значительных поверхностей забоя относительно небольшим количеством инструмента. Это позволяет повысить эффективность процесса разрушения пород забоя за счет передачи на каждый резец большей мощности.

Для получения выработок арочной и овальноарочной формы поперечного сечения комбайны имеют бермовые органы с боковыми дисковыми фрезами 4 и шнеками 5. Шнеки транспортируют отбитую гор-

ную массу к центру комбайна, где расположен скребковый конвейер – нагружатель 6. Для оформления кровли выработки исполнительный орган комбайна «Урал-20КСА» имеет верхний отбойный барабан 8, который с помощью гидроцилиндров может подниматься и опускаться, что обеспечивает необходимый типоразмер выработки. Зона работы исполнительного органа закрыта щитом 7.

Неудобством обслуживания роторных и планетарных исполнительных органов бурового действия является необходимость отгона комбайнов от забоя при замене резцов и осмотрах.

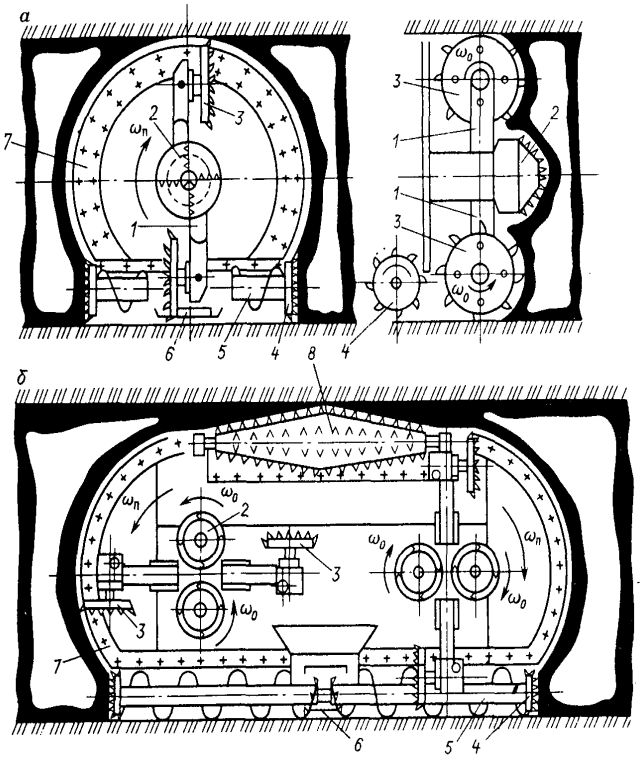


Рис. 15.3. Планетарно-дисковые исполнительные органы бурового действия: *а* – комбайна «Караганда»; *б* – комбайна «Урал20КСА»

Для оснащения исполнительных органов проходческих комбайнов широкое распространение получили радиальные, круглые (вращающиеся) резцы и шарошки.

Радиальный резец ШБМ2С1 (рис. 15.4а) предназначен для исполнительных органов проходческих комбайнов по угольным и соляным забоям.

Породный резец РПП2 (рис. 15.4б) предназначен для стреловидных исполнительных органов проходческих комбайнов при проведении подготовительных выработок по угольному пласту любой крепости с присечкой до 70 % от площади забоя пород почвы или кровли ($f \leq 6$) абразивностью не более 18 мг. Поворотный резец РКСЗ (рис. 15.4в) применяется в случаях проведения выработок сплошным или породным забоем ($f = 6$) или смешанным забоем с присечкой до 25 % по площади забоя песчаника ($f = 6 \div 8$) абразивностью до 18 мг.

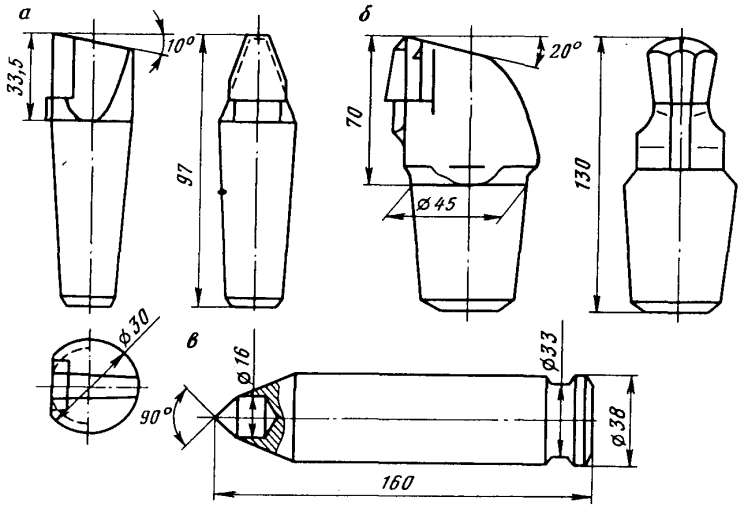


Рис. 15.4. Резцы исполнительных органов проходческих комбайнов:
а – радиальный ШБМ2С1; *б* – породный РПП2; *в* – поворотный РКСЗ

На проходческих комбайнах бурового типа при разрушении пород с коэффициентом крепости ($f > 8$) в качестве рабочего инструмента применяются шарошки.

Дисковые шарошки по сравнению с резцовым инструментом позволяют создавать значительные напорные усилия. Дисковые шарошки

могут быть лобовыми (рис. 15.5а), имеющими форму симметричного клина относительно плоскости вращения шарошки, и тангенциальными (рис. 15.5б), имеющими форму несимметричного клина и работающими по схеме подрезного резания. Энергоемкость процесса разрушения по подрезной схеме примерно на 20–30% ниже, чем по лобовой.

Во время разрушения горных пород шарошка перекатывается по поверхности забоя, вращаясь на оси.

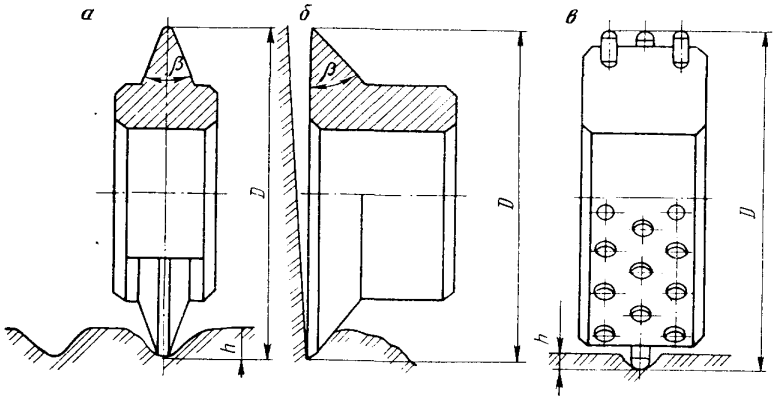


Рис. 15.5. Шарошки исполнительных органов проходческих комбайнов:
h – глубина внедрения; β – угол заострения; D – диаметр шарошки

Чаще всего применяют одно- и двухдисковые шарошки диаметром 230-300 мм с режущей частью, армированной пластинками твердого сплава, или изготовленной из легированной стали.

Для разрушения крепких пород используют штыревые шарошки (рис. 15.5,в) со штырями из твердого сплава.

Для погрузки разрушенной горной массы на конвейер комбайна наибольшее распространение в комбайнах избирательного действия получили погрузочные устройства, выполненные в виде нагребающих лап, в комбайнах бурового действия – шнековые и ковшовые погрузочные устройства.

Ходовое оборудование проходческих комбайнов предназначено: для создания напорного усилия на забой при разрушении пород забоя и при погрузке отбитого материала; маневрирования комбайна в забое во время работы; транспортирования комбайна при перегонах по горным выработкам.

Применяют гусеничное или шагающее ходовое оборудование. Гусеничное ходовое оборудование обеспечивает высокую маневренность и мобильность проходческого комбайна. Оно получило наибольшее распространение. Применяются двухгусеничные тележки с многоопорными гусеницами.

Давление на почву должно быть не более 0,05-0,1 МПа. У тяжелых мощных комбайнов оно может достигать 0,2 МПа.

В тех случаях, когда для работы комбайнов требуются большие напорные усилия (при работе по крепким породам), применяется распорно-шагающее гидравлическое ходовое оборудование, которое является ходовым оборудованием цикличного действия.

Перевод комбайнов с шагающим ходовым оборудованием в другие выработки не может осуществляться своим ходом, как комбайном на гусеничном ходу, и требует дополнительных транспортных средств.

Основной вид энергии проходческих комбайнов – электрическая энергия. В состав электрооборудования комбайнов входят: электрические двигатели для привода исполнительных органов, органов погрузки, перегружателей и органов перемещения (кроме шагающее-распорного ходового оборудования и некоторых гусеничных ходов, оснащенных гидродвигателями), а также для привода насосов маслостанций комбайнов; магнитные станции с аппаратурой управления и защиты; электрические пульты управления; аппаратура сигнализации и освещения; кабельная сеть и электрическая арматура.

Преимущественное применение на проходческих комбайнах получили асинхронные короткозамкнутые электродвигатели в рудничном взрывоопасном исполнении РВ. Синхронная частота вращения ротора составляет обычно 25 $с^{-1}$.

Включение и выключение электродвигателей комбайна выполняет машинист на самом комбайне с помощью пусковой аппаратуры, установленной в магнитной станции комбайна. С целью безопасного обслуживания на всех комбайнах предусмотрена подача звукового сигнала перед включением двигателей.

В проходческих комбайнах получили также широкое распространение системы силового объемного гидропривода типа насос – силовой гидроцилиндр и насос–гидромотор. Первая система используется: для перемещения стреловидных исполнительных органов комбайнов избирательного действия в горизонтальной и вертикальной плоскостях, раздвижности телескопической стрелы, подъема и опускания разгрузочного конца конвейера комбайна, для работы шагающее-распорного органа перемещения ком-

байнов бурового типа, а также для выполнения вспомогательных операций по управлению движением комбайна и ряда других операций.

Систему насос – гидромотор используют в приводах гусеничного хода комбайнов.

В качестве рабочей жидкости гидросистем комбайнов можно применять минеральное масло, но в целях предотвращения пожаров правилами безопасности требуется применение огнестойкой нетоксичной рабочей жидкости. Такая жидкость представляет собой мелкодисперсную эмульсию воды и минерального масла (46% воды и 50% масла) с добавлением 4% антизадирных, антикоррозионных и противопенных присадок.

Проходческие комбайны избирательного действия. Отличительные особенности этой группы комбайнов – цикличность работы и возможность избирательной обработки забоя – раздельная выемка полезного ископаемого и породы (при проведении выработки по пласту полезного ископаемого с присечкой боковых пород).

Поскольку размеры исполнительных органов проходческих комбайнов избирательного действия значительно меньше размеров проводимой выработки, исполнительный орган для обработки всей поверхности забоя должен многократно перемещаться в горизонтальном и вертикальном направлениях.

Избирательные исполнительные органы не отделены щитом от призабойного пространства выработки, поэтому конструкция их системы пылеподавления более сложная и громоздкая, но в то же время отсутствие щита значительно упрощает проведение работ по техническому обслуживанию и ремонту исполнительных и погрузочных органов таких комбайнов.

Указанный ряд положительных сторон комбайнов избирательного действия – возможность проведения одним комбайном выработок с поперечными сечениями различной формы и размеров без переналадки исполнительных органов, – а также относительная простота их конструкции по сравнению с буровыми комбайнами предопределили широкое применение этих комбайнов в угольной промышленности и при строительстве городских подземных сооружений.

В настоящее время выпускаются комбайны избирательного действия со стреловидными исполнительными органами типов: 1ПКЗр, 1ГПКС, 4ПП2м и 4ПП5.

В базовом исполнении комбайн 1ГПКС предназначен для проведения горизонтальных и наклонных (до $\pm 10^0$) выработок сечением 5,3-1,5 м^2 по углю, породе или смешанному забою с присечкой до 50% (по

площади сечения выработки) пород, сопротивляемостью одноосному сжатию до 70 МПа, с показателем абразивности до 15 мг.

Комбайн 1ГПКС (рис. 15.6) состоит из исполнительного органа, включающего в себя телескопическую стрелу 3 и резцовую коронку 1; ходовой части 11; погрузочного устройства 12; гидросистемы 4; электрооборудования 5; пульта управления 6; скребкового конвейера 7, системы пылегашения 2.

Исполнительный орган смонтирован на поворотной турели и посредством гидродомкратов 4 и 13 может перемещаться в горизонтальной и вертикальной плоскостях при обработке забоя. Стрела телескопическая имеет раздвижность до 500 мм.

Ходовая часть представляет собой самоходную гусеничную тележку и предназначена для движения, поворотов и разворотов комбайна. Привод гусениц 10 осуществляется от общего электродвигателя через коническую передачу и кинематические цепи, включающие в себя два рабочих и два тормозных фрикциона.

Сзади ходовой части размещены гидроцилиндры 9, выполняющие роль вспомогательных опор – аутригеров, использование которых повышает устойчивость комбайна в процессе работы.

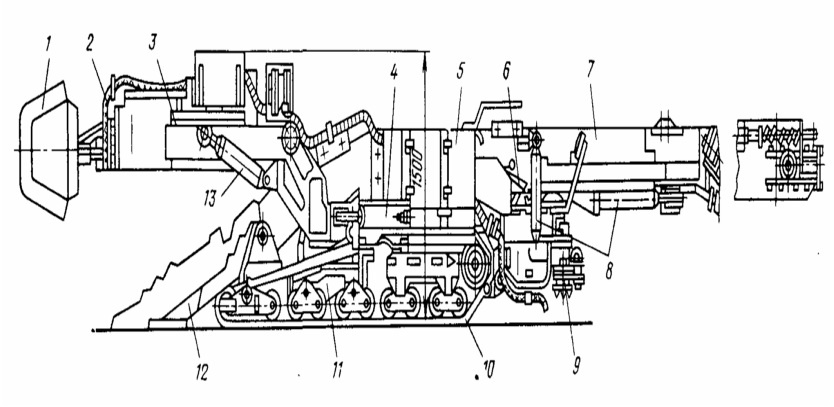


Рис. 15.6. Проходческий комбайн 1ГПКС

Погрузочное устройство состоит из рамы с закрепленными на ней двумя кинематически связанными редукторами нагребающих лап, привод которых осуществляется от скребковой цепи конвейера. Тяговый орган скребкового конвейера представляет собой круглозвенную цепь с установленными на ней штампованными скребками. Концевая часть

конвейера может перемещаться гидроцилиндрами 8 в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

Комбайн 1ГПКС, кроме базового исполнения, может выпускаться для работы в восстающих выработках с углом до 20^0 (1ГПКСВ) и для работы по падению до 25^0 (1ГПКСН).

В комбайне 1ГПКСВ на задних осях гусеничного хода установлены барабаны с канатами для удержания комбайна и создания дополнительного напорного усилия при работе вверх под углом 20^0. Канат крепится к распорной стойке или анкеру, устанавливаемому у передней части гусеничного хода. Комбайн 1ГПКСН снабжается предохранительной лебедкой ЛП и распорной колонкой для подвески на канате.

Основные технические данные проходческих комбайнов избирательного действия приведены в табл. 15.1.

Таблица 15.1

Параметры	1ПК3р	1ГПКС	4ПП2М	4ПП5
Площадь сечения выработки в проходке, $м^2$	5,3-1 2	5,3-30	9-25	10-30
Размеры выработки, м:				
высота	2,1-3,2	2,1-3,6	2,6-4,5	2,8-5
ширина	2,8-4,05	2,8-4,7	3,6-6,5	3,8-6,5
Техническая производительность:				
по углю, т/мин	1,4	2,0	3,5	3,5
по породе или с присечкой породы, $м^3$/мин	-	0,8	0,35	0,47
Коэффициент крепости породы f, не более	4	5	6	7-8
Мощность двигателя исполнительного органа, кВт	45	55	120	200
Суммарная мощность, кВт	97,5	99	250	340
Давление на почву, МПа	0,085	0,065	0,11	0,180
Скорость передвижения комбайна, м/с	0,023	0,113	0,033	0,033
Габариты, мм	6570×2480×	10000×1600×	9100×2450×	14000×2450×

	×1740	×1500	×2100	×2000
Масса,т	12,5	19	45	75

К особенностям проходческого комбайна 4ПП2М относятся: наличие четырех аутригеров для повышения устойчивости комбайна; встроенная в конструкцию комбайна система орошения с подачей воды под резцы; пылеотсос; две скорости резания (1,2 и 2 м/с), средства дистанционного и программного управления.

Особенности проходческого комбайна 4ПП5: возможность разрушения пород с коэффициентом крепости f = 6÷8 и проведения выработок сечением вчерне до 30 м^2; наличие дистанционного и автоматического управления; подача воды для пылеподавления под резцы.

Коронка с резцами РКСЗ, специально созданными для комбайна 4ПП5, устанавливается для разрушения крепких трещиноватых пород, а коронка с резцами РПП2 – для вязких пород. Коронка имеет две частоты вращения – 0,4 и 0,575 с$^{-1}$.

В качестве привода исполнительного органа в комбайне применен электродвигатель ЭКВ-220.2У5 с водяным охлаждением. Вода для охлаждения двигателя поступает от системы орошения.

Под каждый резец через форсунки, установленные на коронке, подается вода.

Стреловидный исполнительный орган комбайна представляет собой блок редукторов с электродвигателем и режущей коронкой, установленный в направляющей П-образной раме. С помощью двух гидроцилиндров, вмонтированных в раму, блок может выдвигать по ее направляющим на 900 мм, что позволяет проводить выработки сечением вчерне до 35 м^2 и производить до двух зарубок коронки в забой без включения гусеничного хода и подъема аутригеров.

Гидроцилиндры поворотов стрелы комбайна в горизонтальной и вертикальной плоскостях за счет ступенчатого изменения расхода поступающей в них рабочей жидкости обеспечивают перемещение стрелы в указанных плоскостях с тремя рабочими скоростями.

В качестве движителя для индивидуального привода гусениц комбайна принят гидромотор, обеспечивающий две скорости перемещения комбайна и крутящий момент приводной звездочки редуктора 165 кН·м.

Система дистанционного и автоматического управления позволяет осуществлять: управление с местного пульта; дистанционное управление с переносного пульта в зоне визуального контроля работы комбайна с расстояния до 25 м; программное (автоматическое) управление перемещением исполнительного органа в горизонтальной и вертикальной плоскостях и перемещением питателя погрузочного органа в гори-

зонтальной плоскости; автоматическую стабилизацию нагрузки и защиту электродвигателя исполнительного органа.

В настоящее время разработан проходческий комбайн КП-25 для проведения выработок любой формы (кроме круглой) с площадью сечения в проходке от 7 до 25 $м^2$ с углом наклона $\pm 10^0$. Комбайн может работать в выработках с присечкой пород прочностью на одноосное сжатие до 80 МПа и абразивностью до 15 мг. Стреловидный телескопический исполнительный орган комбайна имеет две оси поворота в вертикальной плоскости, что позволяет обрабатывать выработку по высоте до 5 м и ниже уровня почвы на 0,7 м. Мощность привода исполнительного органа составляет 120 кВт.

Гусеницы ходовой части имеют индивидуальный привод от гидромоторов. Управление комбайном дистанционное, с переносного пульта.

Комбайн оснащен средствами технической диагностики, устройством для подъема верхняков крепи и ручным гидравлическим инструментом. Масса комбайна с дополнительным оборудованием составляет 37 т.

За рубежом комбайны избирательного действия со стреловидными исполнительными органами выпускаются фирмами «Эйкгофф», «Паурат», «Вестфалия», «Демаг» (ФРГ), «Вест-Альпине» (Австрия), «Аидерсон-Стрэтклайд» (Великобритания). Особенности комбайнов, выпускаемых указанными фирмами, – большие площади сечения проводимых выработок и, как правило, значительная мощность привода исполнительного органа.

Проходческие комбайны бурового действия. Эти комбайны по области применения делятся на две группы:

- для работы по углю, калийным солям и слабым породам с коэффициентом крепости $f \leq 4$;
- для работы по сильно абразивным породам с коэффициентом крепости $f = 8 \div 10$.

Комбайны первой группы (ПК8М, «Урал-10КС»; «Урал-20КС») используют главным образом при добыче калийных руд (для проведения подготовительных горных выработок и очистной выемки в камерах).

Комбайном ПК8М проводятся выработки сечением 8 и 9 $м^2$. Установленная мощность двигателей комбайна составляет 356 кВт. Два двигателя по 110 кВт служат для привода исполнительного органа. Частота вращения исполнительного органа 0,12 и 0,21 $с^{-1}$. Рабочая скорость подачи комбайна может изменяться в пределах $0 \div 0{,}2$ м/мин, маневровая – до 200 м/ч. Масса комбайна 66 т.

Комбайны «Урал-10 КСА» имеет: планетарный исполнительный орган, обрабатывающий забой двумя парами режущих дисков с забурниками; верхнее отбойное устройство, оформляющее кровлю выработки; бермовые фрезы со шнеками, служащие для выравнивания почвы, подрезки боков выработки и передачи горной массы скребковому конвейеру. Хвостовая часть конвейера выполнена подъемно-поворотной, что позволяет производить погрузку горной массы в различные доставочные средства. Комбайн имеет гусеничный ход с гидромеханическим приводом каждой гусеницы, обеспечивающим плавное регулирование скорости подачи и перемещения комбайна со скоростью до 120 м/ч.

Комбайн оборудован электрической и гидравлической системами, а также системой пылеподавления, бурильной установкой для бурения шпуров под анкерное крепление, насосной станцией, системой смазки и заправки редукторов и системой управления, обеспечивающей работу комбайна в режимах ручного и автоматического управления. Суммарная установленная мощность электродвигателей – 422,8 кВт. Масса комбайна 63 т.

Комбайн «Урал-20КСА» имеет те же функциональные органы и системы, что и комбайн «Урал-10КСА».

В отличие от комбайна «Урал-10 КСА», в комбайне «Урал-20КСА» – два двигателя переносного движения исполнительного органа. Два приводных блока имеет и скребковый конвейер. В то же время привод гусениц групповой – от одного гидромотора.

Мощность привода исполнительного органа отбойного и бермовых органов составляет 444 кВт, общая установленная мощность двигателей – 532,8 кВт. Масса комбайна до 82 т. На комбайне «Урал-20КСА» установлена кабина машиниста с автономной вентиляцией. В кабине размещены электрический и гидравлический пульты управления комбайном.

Для проведения выработок в породах с коэффициентом крепости $f = 6 \div 10$ разработан и принят в серийное производство комбайн бурового действия КРТ. Сечение выработки в проходке составляет 19 м^2, угол наклона $\pm 10^0$. Породный забой разрушается в два приема торовым забурником с дисковыми тангенциальными шарошками и коническим расширителем. На комбайне предусмотрены две бермовые фрезы, придающие выработке арочную форму. Орган перемещения комбайна – гидравлический распорно-шагающий. Направленное движение комбайна осуществляется лазерным указателем курса. На комбайне установлен манипулятор для предварительного монтажа и установки комплектов

крепи и предусмотрены средства технической диагностики основных узлов комбайна. Масса комбайна 130 т.

Пылеподавление при работе комбайнов. Запыленность воздуха в проходческом забое без применения средств пылеподавления может достигать 3000 мг/м^3 и более, что весьма опасно для здоровья персонала, обслуживающего проходческую технику.

В этой связи разработаны и широко внедряются эффективные системы пылеподавления, применяемые при работе проходческих комбайнов как избирательного, так и бурового действия и состоящие из систем орошения и пылеотсоса. Наибольшее распространение получило орошение очагов пылеобразования в сочетании с отсосом запыленного воздуха.

На комбайнах со стреловидным исполнительным органом вода подводится к форсункам, установленным перед каждым резцом. При этом происходит осаждение крупнодисперсной пыли с частичками размером 6-10 мкм и охлаждение резцов, что повышает их стойкость. На стреле исполнительного органа располагаются плоскоструйные форсунки для создания водяной завесы перед забоем. В комбайнах бурового действия ввиду наличия у них за исполнительным органом ограждающих щитов такая завеса действует гораздо эффективнее.

Частички пыли размером до 5 мкм выносятся из забоя струей воздуха нагнетательной вентиляции и засасываются пылеулавливающей установкой.

С помощью автономных пылеулавливающих установок (АПУ) очистка запыленного воздуха может производиться как с помощью воды, так и без воды тканевыми фильтрами. Промышленностью выпускаются пылеулавливающие установки АПУ-265 и АПУ-465, снабженные глушителями шума и имеющие производительность соответственно 265 и 465 м^3/мин очищенного воздуха. Автономные установки располагаются на почве выработки позади комбайна, а их отсасывающий трубопровод подвешивается к крепи и по мере продвижения комбайна перевешивается ближе к зоне работы исполнительного органа

Лекция 16

ПРОХОДЧЕСКИЕ КОМБАЙНОВЫЕ И ЩИТОВЫЕ КОМПЛЕКСЫ И ИХ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ

Важным этапом в переходе к комплексной механизации проведения подготовительных выработок с целью увеличения производительности и сокращения ручного труда является создание проходческих комплексов, механизирующих рабочие процессы проходческого цикла. Проходческие комплексы – это системы взаимодополняющих друг друга горных и транспортных машин и механизмов, обеспечивающих наиболее полную механизацию основных и вспомогательных работ.

Проходческие комплексы классифицируют по ряду основных признаков:

- способу проведения выработок – комбайновый или буровзрывной;
- углу наклона выработок – для горизонтальных, с углом наклона до 10^0, от 11 до 20^0 и до 35^0;
- месту установки постоянной крепи – на некотором расстоянии от забоя и непосредственно у забоя;
- форме сечения выработки – круглая, арочная, трапециевидная, прямоугольная, овальная;
- сечению выработки – конвейерные, однопутные, двухпутные;
- виду крепи – анкерная, деревянная, металлическая, тюбинговая, из набрызг-бетона, из монолитного бетона;
- назначению выработки – нарезные по углю и сланцам (разрезные печи и ходки, просеки и др.);
- подготовительные по углю и смешанному забою; основные по породе (полевые штреки, квершлаги).

Весьма сложная задача – создание оборудования для механизации процесса возведения крепи одновременно (параллельно) с работой проходческого комбайна.

Работы здесь ведутся в следующих двух направлениях:

1. Установка постоянной крепи на некотором расстоянии от забоя вне зоны работающего проходческого оборудования, что возможно при устойчивой кровле и применении временной крепи призабойной части выработки. В качестве временной крепи может быть использована анкерная крепь, которая часто (например в Кузбассе) применяется и как постоянная крепь, а также механизированные проходческие крепи поддерживающего или оградительного типов.

2. Установка постоянной крепи непосредственно у забоя, что в наибольшей степени способствует реализации условий по наиболее надежному поддержанию проводимой выработки.

Как следует из классифицированных признаков, по способу проведения комплексы разделяют на две основные группы: для проведения выработок комбайновым способом и для проведения выработок буровзрывным способом. Комплексы для проведения выработок буровзрывным способом (так их называют в литературе) правомернее называть комплектами проходческого оборудования для проведения выработок буровзрывным способом, поскольку при их работе операции по бурению шпуров (обуриванию забоя), заряжанию шпуров, их взрыванию, проветриванию и уборке горной массы выполняются последовательно во времени, что позволяет использовать только технологические связи между средствами механизации выполнения указанных операций проходческого цикла.

В настоящее время после испытаний опытного образца создается комплект проходческого оборудования «Сибирь», предназначенный для проведения буровзрывным способом наклонных подготовительных выработок (до 25^0) по породам крепостью f = 16 сечением в свету от 12 до 22 $м^2$ в шахтах, опасных по газу и пыли. Оборудование комплекта обеспечивает механизацию процессов бурения шпуров в забое, погрузки горной массы в скип, вагонетку или конвейер, частичную механизацию возведения постоянной механической тюбинговой или арочной крепи.

Комплект состоит из платформы на колесно-рельсовом ходу, подвешенной в наклонной выработке на канате лебедки; встроенных в платформу двух погрузочных машин с боковой разгрузкой ковша; перегружателя с бункером; двух бурильных установок БУЭ1М и крепеустановщика.

Крепеустановщик, погрузочные и бурильные машины оснащены самостоятельными пультами управления. В состав комплекта входят также насос для откачки воды из забоя и два гайковерта с гидроприводом.

В проходческий цикл по проведению выработки входят следующие основные операции: обуривание забоя; заряжание шпуров; подъем комплекта с помощью лебедки из забоя на 15–20 м; взрывание шпуров и проветривание выработки; спуск комплекта в забой; зачистка почвы выработки; погрузка породы; наращивание рельсового пути для платформы; доставка в забой элементов крепления и возведение постоянной крепи. С помощью комплекта «Сибирь» можно проходить за месяц до 140 м наклонной выработки. Масса комплекта около 40 т, длина – 16,7 м, ширина – 3 м, высота – 3,16 м.

Нарезные комплексы. Комплекс КН предназначен для механизации проведения нарезных выработок по углю на пологих пластах мощностью 0,7-1,1м с углом падения до 18^0 при сопротивляемости угля резанию до 300 кН/м.

Комплекс КН (рис. 16.1) состоит из нарезного комбайна 4, перегружателя 1, домкратов передвижения 5 с распорными стойками 6, электрооборудования 7 и может работать с любым конвейером, применяемым на шахте.

Цепной кольцевой исполнительный орган (кольцевой бар) оснащен двухшарнирной режуще-доставочной цепью 3, которая получает движение от приводной звезды 2, расположенной в вертикальной плоскости сбоку комбайна. Кольцевой бар с помощью двух гидродомкратов совершает качательные движения от почвы пласта к кровле и обратно, обрабатывая пласт угля на всю мощность и по всей ширине нарезаемой выработки, равной 4 м. Разрушенный уголь транспортируется и грузится нижней ветвью исполнительного органа на перегружатель 1. После использования хода домкратов передвижения 5, равного 0,8 м, подача комбайна прекращается и производится перестановка (подвигание к забою) распорных стоек 6. Затем рабочие операции повторяются.

Нарезной комплекс КН-78 по конструкции и схеме работы аналогичен комплексу КН, но имеет два типоразмера и может работать на пластах мощностью от 0,7 до 1,6 м. Устройство дистанционного управления позволяет управлять комплексом с расстояния 40 м от забоя при проведении работ по выбросоопасным пластам.

Проходческие комплексы с комбайнами бурового действия. Донгипроуглемашем, ЦНИИподземмашем и Ясиноватским машиностроительным заводом создан проходческий комплекс «Союз-19у», который предназначен для проведения магистральных горизонтальных и слабонаклонных (до $\pm 10^0$) горных выработок большой протяженности (комплекс целесообразно применять при длине выработки не менее 1000 м) по породам с коэффициентом крепости $f = 6 \div 10$ и абразивностью до 50 мг.

Комплекс состоит из комбайна бурового действия, щитового перекрытия над комбайном и прицепного оборудования к комбайну, предусматривающего крепемонтажное устройство с краном, ленточный перегружатель и прицепные опоры.

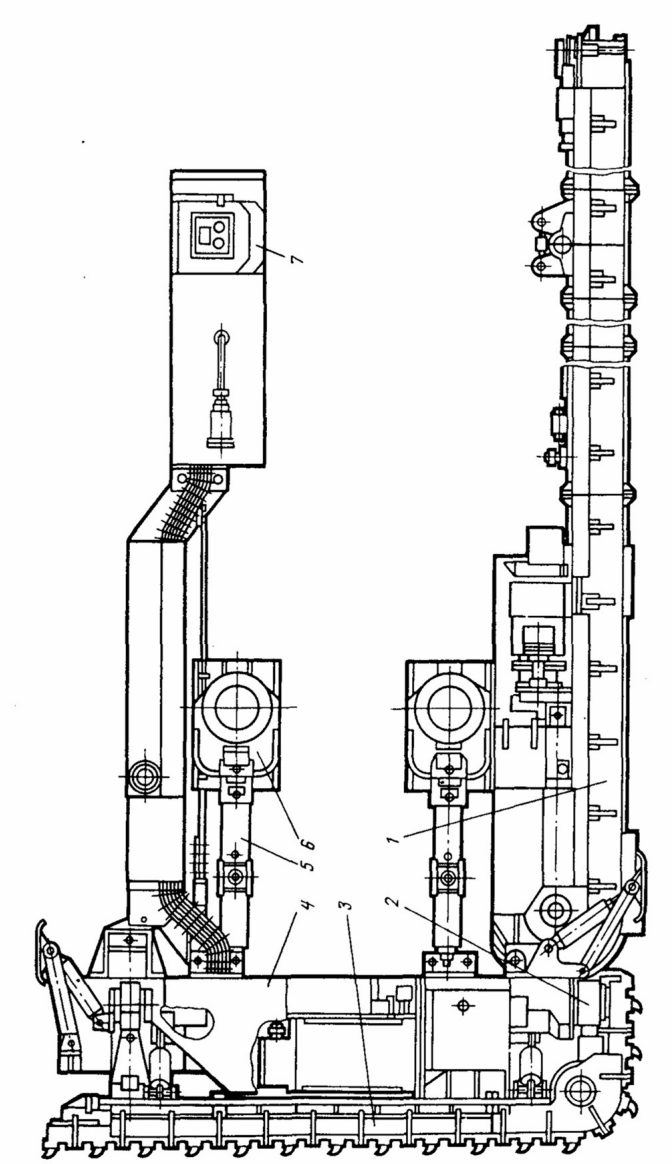
Исполнительный орган комбайна выполнен в виде ротора с плоской центральной частью диаметром 2,4 м, оснащенной дисковыми лобовыми шарошками, и конической периферийной частью диаметром 4,75 м, оснащенной дисковыми тангенциальными шарошками. Для придания выработке арочной формы на комбайне имеются бермовые фрезы. Подача ком-

байна и всего комплекса на забой осуществляется установленным на комбайне распорно-шагающим гидравлическим механизмом перемещения. Порода, разрушенная исполнительным органом, зачерпывается погрузочными ковшами у почвы выработки (ковши расположены по окружности конической части ротора с его тыльной стороны) и через окно в верхней части щита, отгораживающего исполнительный орган от комбайна, выгружается на ленточный конвейер комбайна, с которого поступает на прице -
точный перегружатель и далее грузится в транспортные средства ,
разрушаемая бермовыми фрезами, направляется с помощью леме -
тральную выемку на почве выработки между бермами.

Машинист во время управления комбайном находится г -
той щитового перекрытия.

Сечение выработки, проводимой комплексом, составляет
18,6 м^2. Для крепления выработки используется обычно пят н
арочная крепь. Три верхних звена собираются в комплекты и -
ваются (до 30 комплектов) на крепемонтажном устройстве, а за -
мощью грузоподъемника подаются вперед и вверх для устано -
работке.

Рис. 16.1. Нарезной комплекс КН


7
6
5
4
3
2
1

Для привода исполнительного органа на комбайне установлены четыре электродвигателя общей мощностью 640 кВт. Масса комплекса составляет 280 т.

За рубежом проходческие комплексы на базе комбайнов бурового действия выпускаются фирмами «Демаг», «Вирт» (ФРГ), «Роббинс» и «Марфи индастриз» (США) в основном для проведения тоннелей различного назначения диаметром от 2 до 9 м.

Фирмой «Демаг» создан для угольных шахт проходческий комплекс Т М 54-58/60 во взрывоопасном исполнении, который предназначен для проведения протяженных выработок (не менее 2500 м) по породам с коэффициентом крепости f = 12÷14. Исполнительный орган комбайна оснащен двухдисковыми лобовыми шарошками. Шарнирное соединение корпуса комбайна с передней балкой распорно-шагающего устройства обеспечивает достаточную маневренность комплекса в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

Щитовые проходческие комплексы предназначены для проведения горизонтальных и слабонаклонных выработок (коллекторов, тоннелей, подготовительных выработок) в слабых грунтах и породах с крепостью f = 0,5÷3.

По степени механизации горных работ различают частично-механизированные щиты, в которых разрушение породы производят отбойными молотками или буровзрывным способом, погрузку породы в забое – погрузочными машинами, а возведение крепи – механизированным способом, и механизированные щиты, в которых породы разрушаются избирательными, роторными, ковшовыми или другими исполнительными органами. Погрузка породы и возведение крепи также осуществляются механизированным способом.

Проходческий щит представляет собой передвижную металлическую оболочку цилиндрической формы, под защитой которой находятся приводы исполнительных и погрузочных органов, конвейерные перегружатели, тюбингоукладчики и другое оборудование.

Различают две группы проходческих комплексов – для проведения выработок со сборной крепью и крепью из монолитно-пресованного бетона.

По диаметру проводимых выработок (вчерне) комплексы могут быть малого (до 3,2 м), среднего (4-5,2 м) и большого (свыше 5,2 м) диаметров.

Для механизации проведения капитальных выработок диаметром 4,7 м в свету в условиях Подмосковного угольного бассейна выпускается щи-

товой проходческий комплекс КЩ-5,2Б, который может работать по водоносным пескам и прослойкам известняка с коэффициентом крепости $f \leq 6$.

Комплекс (рис. 16.2) состоит из металлического щита 1 с двумя стреловидными с коническими коронками исполнительными органами от комбайна 4ПП2, сборной передвижной платформы 6, 9 с транспортным и вспомогательным оборудованием. На головной секции платформы смонтирован рольганг 12 с гидравлическим толкателем. По монорельсу 4 перемещается тельфер 5 для разгрузки блоков крепи 11 с тележек и укладки их на рольганг. Выдвижные балки 2 служат для удержания блоков крепи во время крепления. На платформе смонтирована приводная головка 15 погрузочного конвейера, с которого горная масса поступает на ленточный перегружатель 3, а с него в состав вагонеток 7. Имеются также две рельсовые колеи 10 для размещения состава вагонеток и четырех тележек 8 с двумя блоками крепи на каждой. На сборной платформе установлены также четыре насосные станции 13 гидросистемы проходческого комплекса, насос 14 забойного водоотлива, магнитные станции, пылеотсасывающая установка и установка для орошения, а также пневматическая растворонагнетательная машина для подачи песчано-цементного раствора для тампонажа пространства между крепью и стенками выработок.

Для сооружения тоннелей с монолитно-прессованной бетонной крепью при меняются проходческие комплексы типа ТЩБ, особенности которых: наличие устройств, обеспечивающих прессование бетонной смеси; применение переставных секционных опалубок; подача бетонной смеси в заопалубочное пространство; применение механизмов для перемещения опалубки.

Производительность проходческих комбайнов и комплексов

Для проходческих комбайнов, как и для очистных, различают теоретическую, техническую и эксплуатационную производительность.

Теоретическая производительность ($м^3$/мин) проходческих комбайнов бурового типа и проходческих щитов, работающих по породам

$$Q = 60\, S_в\, \acute{\upsilon}_у\,, \qquad (16.1)$$

где $S_в$ – площадь сечения вчерне проводимой выработки, $м^2$; $\acute{\upsilon}_у$ – скорость перемещения исполнительного органа комбайна (щита) в направлении перемещения забоя выработки, м/с.

Для проходческих комбайнов и щитов с исполнительными органами избирательного действия, работающих по породам

$$Q = 60\, d\, B_з\, v_{x(z)}\, z_{и.о}\,, \qquad (16.2)$$

где d – средний диаметр исполнительного органа, м; $B_з$ – ширина захвата коронки исполнительного органа, м; $\nu_{x(z)}$ – скорость перемещения коронки со стрелой в горизонтальной (ν_x) или вертикальной (ν_z) плоскости (принимается одно большое значение из ν_x и ν_z, м/с); $z_{и.о}$ – число одновременно работающих коронок.

При работе комбайнов с исполнительными органами бурового и избирательного действия по углю и другим полезным ископаемым теоретическая производительность Q имеет размерность т/мин, поэтому правая часть выражений (16.1) и (16.2) должна быть умножена на величину γ – плотность полезного ископаемого, т/м^3.

Техническая производительность комбайна (щита) $Q_т$ измеряется в метрах кубических или в тоннах за 1 ч работы.

$$Q_m = 60\, Q\, k_т, \qquad (16.3)$$

где $k_т$ – коэффициент технически возможной непрерывности работы комбайна. В свою очередь

$$k_т = \left(\frac{1}{k_г} + \frac{t_{п.к}}{t_p} \right)^{-1}, \qquad (16.4)$$

где $k_т$ – коэффициент готовности (комплексный показатель надежности) комбайна; $t_{п.к.}$ – время простоев комбайна за рабочий цикл, зависящее от конструкции комбайна и его рабочего инструмента, мин; $t_р$ – чистое время работы комбайна за цикл по разрушению пород забоя, мин.

Значения коэффициентов готовности по данным эксплуатации комбайнов составляют 0,88-0,91.

Время простоев комбайна за рабочий цикл $t_{п.к}$ складывается из затрат: времени на несовмещенную с работой исполнительного органа подачу комбайна на забой или передвижку распорного устройства распорно-шагающего органа перемещения; времени замены рабочего инструмента, отнесенного к одному циклу; времени на переключение рабочих органов и т.п.

Техническая производительность проходческих комбайновых и щитовых комплексов рассчитывается по формуле (3.10), но только коэффициент технически возможной непрерывности работы $k_т$ и время простоев $t_{п.к.}$ определяются с учетом особенностей работы комбайна (щита) в составе оборудования проходческого комплекса.

Коэффициент готовности комплекса $k_г$ ниже чем у комбайна (щита) в связи с тем, что при работе комплекса необходимо учитывать простои комбайна или щита не только из-за их собственных отказов, но

и простои из-за отказов перегружателей, бурильных установок, крепе-установщиков и др.

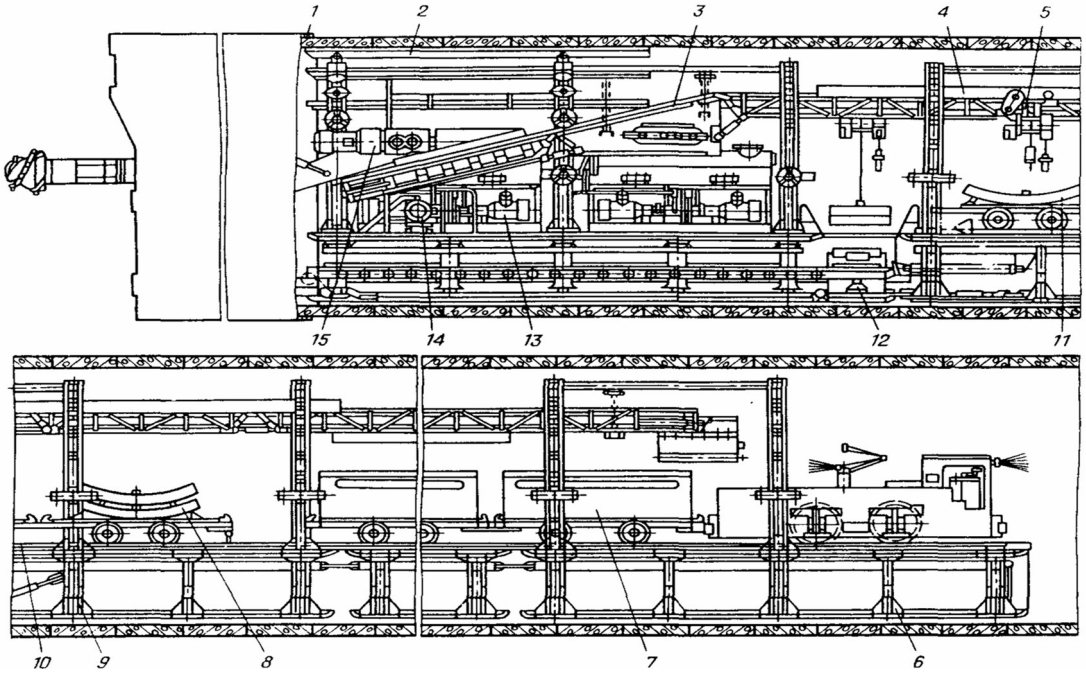


рис. 16.2. Щитовой проходческий комплекс КЩ-5,2Б

Коэффициент готовности $k_г$ проходческих комплексов составляет 0,75–0,85.

Время же простоев $t_{п.к.}$ будет выше, поскольку при работе комплексов необходимо учитывать также дополнительные простои, связанные с креплением выработки, если они не совмещаются (или совмещаются неполностью) с процессом работы и выполнением вспомогательных операций, связанных с работой комбайна.

Эксплуатационная производительность $Q_э$ комбайна и проходческого комплекса зависит от перечисленных выше факторов, а также от дополнительных простоев по организационно-техническим причинам. Эта производительность, как и техническая, определяется в метрах кубических или в тоннах за 1 ч работы

$$Q_э = 60\, Q\, k_э, \qquad (16.5)$$

где $k_э$ – коэффициент непрерывности работы, учитывающий все виды простоев при работе комбайна или щита.

$$k_э = A \Big/ \left(\frac{1}{\kappa_г} + \frac{t_{п.к} + t_{п.о}}{t_р} \right), \qquad (16.6)$$

где $k_г$ – коэффициент готовности комбайна (щита) или комплекса в целом; A = 0,8 – коэффициент, учитывающий регламентированные перерывы в работе; $t_{п.к}$ – время простоев за цикл по организационно-техническим причинам; из-за обмена вагонеток, отсутствия электроэнергии, несовмещенности во времени операций по возведению крепи и др.

Лекция 17

ГОРНЫЕ МАШИНЫ И КОМПЛЕКСЫ ДЛЯ ОТКРЫТОЙ ДОБЫЧИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ. КЛАССИФИКАЦИЯ МАШИН

Горнодобывающая промышленность России и стран СНГ на современном этапе характеризуется интенсивным развитием открытого способа разработки полезных ископаемых. Базой для повышения производительности труда на открытых разработках является механизация и автоматизация всех основных и вспомогательных работ, рост единич-

ных мощностей горных машин, переход от внедрения отдельных машин к созданию и внедрению взаимоувязанных своими рабочими параметрами и технологическими функциями систем машин.

Основные типы горных машин, используемых для добычи полезных ископаемых открытым способом: буровые станки, выемочно-погрузочные и выемочно-транспортирующие машины. Буровые станки, входящие в группу бурильных машин, используются для проведения работ по подготовке горных пород к выемке.

К классу выемочно-погрузочных машин относятся экскаваторы, появление которых происходит от латинских слов «ex» и «caveo», означающих «выкапыватель». Экскаватор – основное средство механизации при открытой добыче угля, руды и строительных материалов.

Экскаваторы предназначены для зачерпывания горной массы, перемещения ее на относительно небольшие расстояния и погрузки в транспортные средства или отсыпки в отвал.

В создании современных экскаваторов большую роль сыграли изобретения русских ученых и инженеров. Впервые в мире в 1809 г. был создан «копательный ковш» с ручным приводом, который применялся при разработке песка на Днепре и является прототипом современных экскаваторов.

В России в 1812 г. на Ижорском заводе по проекту инженера А. Бетанкура была построена паровая землечерпалка, применявшаяся в Кронштадте.

Американский инженер В. Оттис получил в 1833 г. патент на «крановую лопату», в 1836 г. по его чертежам был построен первый одноковшовый экскаватор.

Экскаваторы делятся на две большие группы: машины периодического (цикличного) действия; машины непрерывного действия.

Группу машин периодического действия составляют одноковшовые экскаваторы, непрерывного действия – многоковшовые экскаваторы.

Любой экскаватор, одно- или многоковшовый, состоит из следующих основных частей: рабочего, механического, ходового и силового оборудования, механизмов управления, рамы и кузова.

Существующие экскаваторы классифицируют по следующим признакам: назначению и роду выполняемой работы; вместимости ковша (одноковшовые) или теоретической производительности (многоковшовые); видам рабочего, ходового и силового оборудования (табл. 17.1).

Значения вместимости ковша одноковшовых экскаваторов и теоретической производительности многоковшовых роторных экскаваторов приведены в табл. 17.1 для отечественных экскаваторов.

Одноковшовые экскаваторы по конструкциям рабочего оборудования делятся на две группы. К первой относятся экскаваторы, у которых ковш закреплен на жестких балках (стрела и рукоять) и поэтому имеет принудительную траекторию движения: прямая лопата, обратная лопата.

Ко второй группе относятся экскаваторы, имеющие гибкую связь (канаты) ковша с машиной, – драглайны, грейфер, кран, копер. У этих экскаваторов траектория движения ковша определяется весом ковша и свойствами горных пород.

Многоковшовые экскаваторы *по способу обработки забоя* могут быть верхнего копания, нижнего копания, верхнего и нижнего копания; *по характеру движения рабочего органа* – продольного копания, у которых направление рабочего движения совпадает с направлением перемещения экскаватора; поперечного копания, у которых направление рабочего движения (ротора, цепи, скребка) перпендикулярно к направлению перемещения экскаватора; радиального копания, у которых рабочий орган (ротор, ковшовая цепь) поворачивается вместе с верхним строением относительно базы машины.

На открытых горных работах применяются преимущественно роторные и цепные многоковшовые экскаваторы поперечного и радиального копания. К экскаваторам продольного копания относятся траншейные и фрезерные землеройные машины, предназначенные для прорытия траншей, строительства каналов и других земляных работ.

На экскаваторах продольного копания применяется дизельное и дизель-электрическое силовое оборудование.

Выемочно-транспортирующими машинами (ВТМ) называются такие машины, которые одновременно с отделением (или после отделения) горной породы от массива перемещают (транспортируют) ее, причем движение рабочего органа в этот период осуществляется перемещением всей машины, как правило, за счет развиваемого ею тягового усилия.

К группе ВТМ относятся: бульдозеры, скреперы, грейдеры, фронтальные погрузчики, рыхлители.

Считается экономичным перемещать породу скреперами с гусеничными тягачами в пределах 300–900 м, самоходными колесными скреперами – до 3–6 км, бульдозерами, при расположении отвала под углом 90^0 к оси движения, – на расстояние не более 150 м.

Фронтальные погрузчики цикличного действия используются на погрузке разрыхленных скальных пород в транспортные средства или для доставки пород самостоятельно.

Таблица 17.1

Группа	Классификационные признаки					
	тип экскаватора	вместимость ковша, $м^3$	теоретическая производительность, $м^3/ч$	Оборудование		
				рабочее основное (сменное)	ходовое	силовое
Одноковшовые	Лопаты карьерные: механические (ЭКГ) гидравлические (ЭГ) карьерно-строительные (ЭКСГ) вскрышные (ЭВГ) Драглайны: шагающие (ЭШ) гусеничные (ЭКСГ)-Д	 2-20 8-20 1,25-8 15-35 4-100 до 6	 - - - - - -	 Прямая лопата Прямая (обратная) лопата Прямая лопата (драглайн, кран) Прямая лопата Ковш Ковш (кран, грейфер, копер)	 Гусеничное -//- -//- -//- шагающее гусеничное	 Электрическое, дизель-электрическое, Дизель-гидравлическое, электрогидравлическое
Многоковшовые	Роторные: вскрышные (ЭР) добычные (ЭРП или ЭР-Д) Цепные: карьерные (ЕРс)* (Ес)*	 - - - -	 630-5000 630-5250 640-6600 1350-9300	 Гравитационный (центробежный) роторный исполнительный орган Цепной исполнительный орган	 Гусеничное, шагающее-рельсовое Гусеничное	 Электрическое Электрическое

*В России не выпускаются.

ОДНОКОВШОВЫЕ ЭКСКАВАТОРЫ

Одним из главных принципов различия одноковшовых экскаваторов, определяющих их назначение и область применения, является рабочее оборудование. В зависимости от назначения рабочее оборудование одноковшовых экскаваторов имеет различную конструкцию и кинематику. На универсальных экскаваторах могут применяться до 10 видов сменного оборудования. Однако экскаваторы, применяемые на открытых работах, имеют, как правило, один основной вид специализированного рабочего оборудования.

Основные виды рабочего оборудования одноковшовых экскаваторов, применяемого на открытых работах, – прямая напорная лопата и драглайн. Более ограниченно используют кран, грейфер, копер.

Выпускают три вида рабочего оборудования прямой лопаты: напорная прямая с выдвижной рукоятью, напорная коленно-рычажная и безнапорная. Безнапорная лопата применяется только в экскаваторах с небольшой (до 2 $м^3$) вместимостью ковша.

Прямая напорная лопата с выдвижной рукоятью (рис. 18.1) состоит из ковша 1, рукояти 2, удерживаемой седловым подшипником 11 и деталями напорного механизма. Стрела 4 опирается на поворотную платформу с помощью пятового шарнира 5 и поддерживается в наклонном положении стреловым канатом 9, проходящим через блоки на конце стрелы и на двуногой стойке 8. Подъемный канат от лебедки $Л_1$ проходит через головной блок 12 стрелы и в точке В с подвеской 13 ковша образует подвижное звено.

В зависимости от системы напорного механизма и конструкции стрелы различают прямые лопаты с зубчато-реечным механизмом напора и с канатным механизмом напора.

Зубчато-реечный механизм напора (рис.18.1а) расположен на стреле 4. Он передает усилие на зубчатую рейку 3 рукояти 2 через кремальерную шестерню 10 с осью вращения $О_з$ и точки контакта А ползунов седлового подшипника 11 с рукоятью.

Рукоять 2, соединенная со стрелой седловым подшипником 11, может поворачиваться вокруг напорного вала $О_з$ при подъеме и опускании ковша и двигаться вдоль своей оси – напор и возврат ковша.

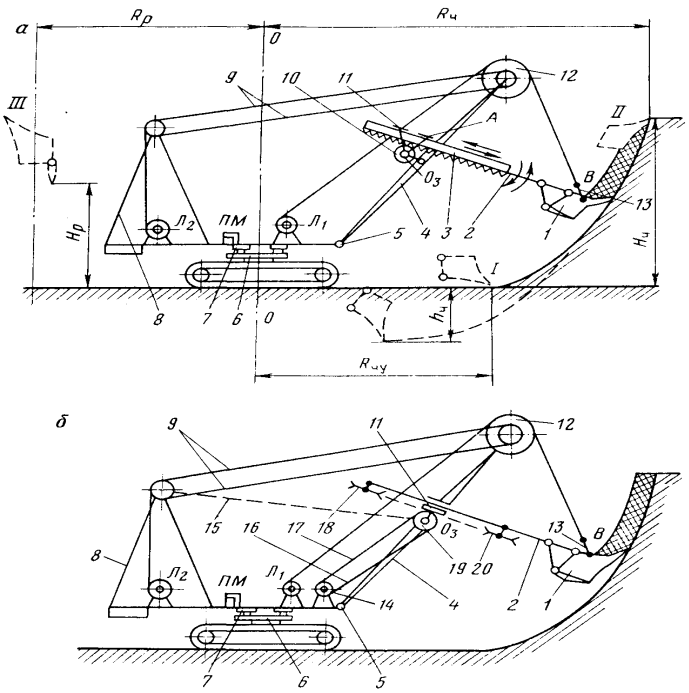


Рис. 18.1. Конструктивные схемы экскаваторов
типа прямая напорная лопата с выдвижной рукоятью:
а – с зубчато-реечным механизмом напора;
б – с канатным механизмом напора.

Поворотная платформа через роликовый круг 7 опирается на раму гусеничного ходового механизма 6. Под действием поворотного механизма платформа может поворачиваться вокруг оси О-О в обе стороны на любой угол.

На поворотной платформе смонтированы: подъемная $Л_1$ и стреловая $Л_2$, лебедки, поворотный механизм ПМ, силовое оборудование и механизмы управления.

Ковш наполняется при движении его под действием подъемного каната вверх по забою из положения I в положение II.

Затем экскаватор поворачивается на выгрузку. Ковш занимает положение III, днище ковша открывается и его содержимое высыпается.

После этого экскаватор поворачивается к забою и ковш опускается в исходное положение I.

В экскаваторах с канатным механизмом напора (рис. 18.1б) на поворотной платформе располагается напорная лебедка 14. Выдвижение и возврат рукояти производятся канатами 17 и 16, которые огибают центральные блоки 19, закрепленные на оси $O_з$ и полублоки 18 и 20, закрепленные на рукояти.

Стрела 4 может быть неразрезной или состоять из двух частей (верхней и нижней), когда шарнир $O_з$ делит стрелу на две части. Стрела в этом случае поддерживается подкосом 15 (пунктирная линия на рис.18.1б).

Размеры забоя экскаватора и его положение относительно забоя и транспортных средств определяются рабочими размерами экскаватора.

Основные рабочие размеры прямой механической лопаты: $R_ч$ – радиус черпания (расстояние от оси вращения экскаватора до режущей кромки зубьев ковша); $R_{ч.у}$ – радиус черпания на уровне стояния экскаватора (расстояние от оси вращения до кромки ковша при положении его на уровне стояния экскаватора); $R_р$ – радиус разгрузки (расстояние от оси вращения до середины ковша); $H_ч$ – высота черпания (расстояние от горизонта установки экскаватора до режущей кромки зубьев ковша); $h_ч$ – глубина черпания; $H_р$ – высота разгрузки (расстояние от горизонта установки экскаватора до нижней кромки открытого днища ковша).

Глубина черпания прямой лопаты обычно имеет незначительную величину, поэтому такие экскаваторы работают в забоях, расположенных выше уровня стояния экскаватора. Рабочие размеры экскаватора зависят от длины стрелы, рукояти и от угла наклона стрелы. У прямой лопаты угол наклона стрелы обычно равен 45^0, но может изменяться при помощи стреловой лебедки $Л_2$ и канатов 9 (рис.18.1) от 30 до 60^0.

Прямые напорные коленно-рычажные лопаты (рис.18.2) имеют рукоять, кинематически не связанную со стрелой и перемещающуюся между стойками двухбалочной неразрезной стрелы. Такие лопаты распространены с двумя системами подачи: зубчато-реечной (рис.18.2а) и канатной (рис.18.2б).

Элементы рабочего оборудования: ковш 1, рукоять 2, стрела 3 с головными блоками 9 и пятой 4, балансир 5, подвеска 11 ковша, стреловой полиспаст 7, подъемный канат 10. Седловой подшипник А вынесен на двуногую стойку, а подача рукояти на забой осуществляется напорной балкой 8, перемещаемой посредством либо зубчато-реечной системы 6 (см. рис. 18.2а), либо системы канатов 12 и 13 (см. рис.18.2б).

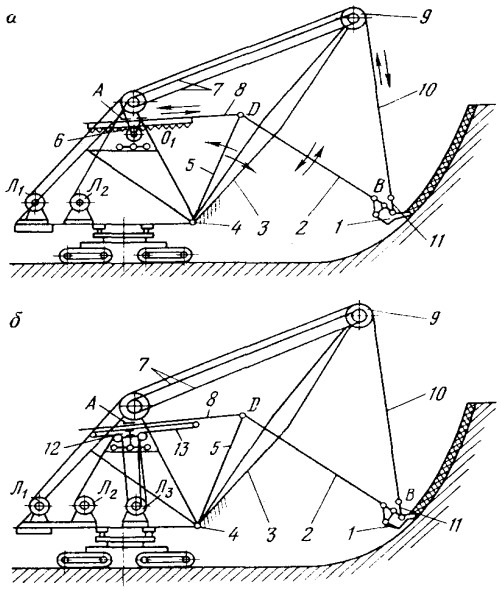


Рис. 18.2. Конструктивные схемы коленно-рычажных напорных лопат:
а – с зубчато-реечным механизмом напора;
б – с канатным механизмом напора

Напорный механизм передает возвратно-поступательное движение балке 8, шарнирно-соединеной с балансиром 5. Рукоять и ковш образуют вращательные пары в точках D и B. Ковш подвешивается к подъемному канату 10 через подвеску 11 ковша. Коленно-рычажный механизм воспроизводит движение прямой лопаты в результате вращательного движения кремальерной шестерни вокруг оси O_1 и барабана подъемной лебедки $Л_1$ (см. рис.18.2а) либо в результате вращения барабанов лебедок $Л_3$ и $Л_1$ (см. рис. 18.2б). Траектория копания определяется в результате сочетания поворотного относительно точки D и поступательного относительно седлового подшипника A движений напорной балки 10 рукояти.

Гидравлические экскаваторы оборудуются прямой и обратной механическими лопатами. Траектория копания этих экскаваторов образуются сочетанием перемещений не только ковша и рукояти, но и стрелы. В кинематическом отношении неподвижным звеном исполнительного механизма экскаватора является поворотная платформа. Повороты и перемещения стрелы, рукояти и ковша осуществляются гидродомкратами.

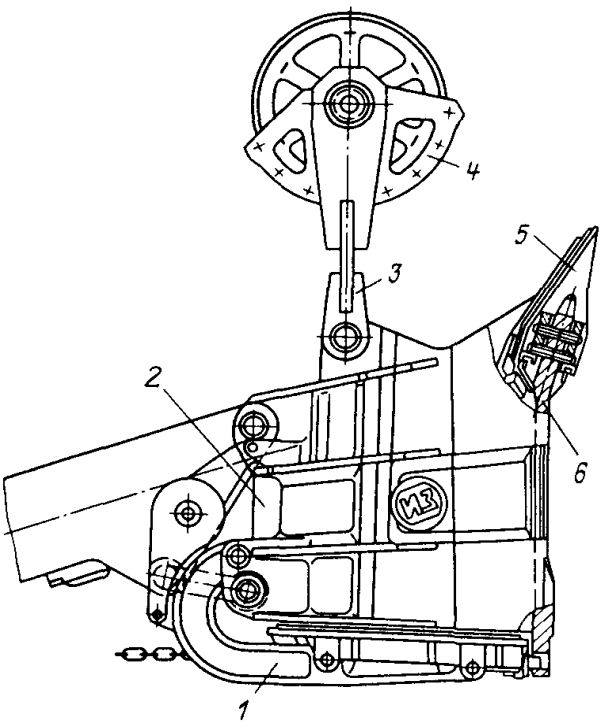


Рис. 18.3. Ковш прямой лопаты

Ковш прямой лопаты (рис. 18.3) состоит из днища 1, задней 2 и передней 6 стенок, двух обойм с блоками 4 и коромысла 3.

Передняя стенка ковша отливается из высокомарганцовистой стали, а задняя – из углеродистой стали. Обе стенки соединены стыковым сварным швом и образуют корпус ковша. Верхний и нижний поясы передней стенки наплавляются твердым сплавом, что позволяет существенно повысить срок ее службы.

На верхней кромке передней стенки устанавливаются сменные зубья 5, выполненные из высокомарганцовистой стали. Зубья изготавливаются цельнолитыми или со сменными наконечниками. После затупления зуб или наконечник снимают и поворачивают на 180º. Зуб считается износившимся, если угол его заострения превышает 60º.

По способу разгрузки различают ковши со свободнопадающим и маятниковым днищами. Наибольшее распространение получила первая

конструкция вследствие меньших потерь времени на разгрузку ковша. Вторая конструкция днища применяется при необходимости обеспечения постепенной разгрузки.

Днище ковша представляет собой плиту, отлитую из легированной стали и усиленную ребрами.

На плите отлиты направляющие для крепления засова и рычагов механизма открывания днища, а также приливы для крепления петель днища. Засов открывается с помощью рычага и цепи.

Подвеска ковша осуществляется либо с помощью блока, обойма которого крепится к проушине верхней кромки задней стенки ковша (строительные экскаваторы), либо с помощью коромысла, проушины которого крепятся *к* боковым стенкам, или же с помощью блоков, обоймы которых закреплены так же в боковых стенках.

Рукоять экскаватора служит для передачи на ковш напорного, а на гидравлических экскаваторах и подъемного усилий. Рукояти прямых лопат бывают однобалочными (внутренние) и двухбалочными (внешние).

Однобалочная рукоять состоит из балки, к передней части которой приварена концевая отливка.

Двухбалочная рукоять внешнего типа охватывает стрелу снаружи и является сварной конструкцией из двух балок прямоугольного или круглого сечения, соединенных между собой концевой отливкой.

В передней части концевых отливок одно- и двухбалочных рукоятей имеются проушины для крепления ковша.

Конструкция стрелы экскаваторов типа *прямая напорная лопата с выдвижной рукоятью* определяется конструкцией рукояти. На экскаваторах, имеющих однобалочную внутреннюю рукоять, стрелу делают двухбалочной; при внешней двухбалочной рукояти стрела – однобалочная.

Одно- и двухбалочные стрелы могут быть круглого и прямоугольного сечений. Стрелы имеют расставленные опорные проушины, а для улучшения их устойчивости иногда применяют боковые оттяжки.

Экскаватор-драглайн (рис. 18.4) имеет ковш 7 с упряжью, тяговый 2 и подъемный 3 канаты, стрелу 4 *с* направляющими-блоками 5 и пятой 6. Для перемещения ковша служат лебедки подъема 7 и тяги 8. Угол наклона стрелы во время работы обычно не меняется и определяется длиной стрелового полиспаста 9.

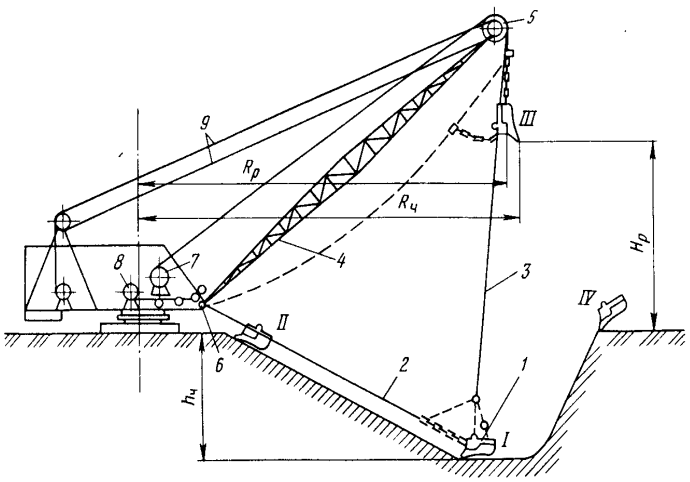


Рис.18.4. Конструктивная схема экскаватора-драглайна

Опорный роликовый круг и поворотный механизм драглайна имеют то же устройство, что и у лопаты. Ходовое устройство может быть шагающим и гусеничным.

Ковш наполняется при его движении по забою под действием тягового каната из положения *I* в положение *II.* Затем ковш поднимается и экскаватор поворачивается к месту разгрузки. Ковш подвешен к подъемному канату таким образом, что пока тяговый канат слегка натянут, ковш находится примерно в горизонтальном положении. При ослаблении тягового каната ковш опрокидывается передней стороной вниз и разгружается (положение *III).*

После разгрузки экскаватор поворачивается и ковш опускается на грунт, возвращаясь в положение *I*. Если перед опусканием ковш подтянуть к пяте стрелы, а затем отпустить тяговый канат, то ковш можно забросить в положение *IV*.

Драглайны обычно применяются для разработки забоев, расположенных ниже уровня стояния экскаватора и, как правило, работают в отвал.

Рабочие размеры драглайна имеют те же обозначения и измеряются так же, как у прямой лопаты. Они зависят от угла наклона стрелы, который может составлять 20-45°, и ее длины.

Ковш драглайна (рис. 18.5) состоит из сварного корпуса 6, козырька 7, отлитого заодно с основаниями зубьев, и арки 15, которая служит для придания ковшу боковой жесткости и крепления разгрузочного

каната 11. К передней части ковша (щекам) привариваются проушины 8 для тяговых цепей 9, а к боковым стенкам приклепываются проушины 5 для цепей 2 подъема. Через траверсу 14 и балансир 13 цепи 2 соединяются подъемным канатом 12. В основание козырька 7 вставляются зубья 4.

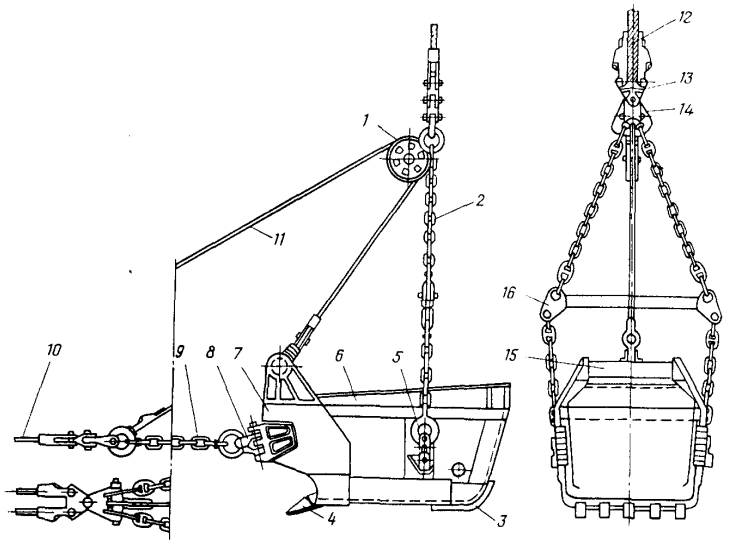


Рис.18.5. Ковш драглайна

Для защиты днища ковша от изнашивания к нему приварены стальные полозья 3. Для предотвращения истирания подъемных цепей 2 о ковш предусмотрена распорная балка 16.

Центр тяжести ковша с грузом находится между подъемными цепями и аркой. Вследствие этого при ослаблении тягового 10 и разгрузочного 11 канатов последний проскальзывает по блоку 1. Ковш при этом поворачивается вокруг осей крепления подъемных цепей и порода выгружается через открытое пространство под аркой и между тяговыми цепями. Совокупность элементов, соединяющих ковш с тяговыми и подъемными канатами, называется упряжью ковша.

Стрелы драглайнов весьма многообразны по конструктивному исполнению. По основным конструктивным признакам стрелы могут быть объединены в четыре группы: вантовые, трехгранные жесткие, форменные и комбинированные.

Трехгранные жесткие стрелы применяются на отечественных драглайнах ЭШ-20.90, ЭШ-40.85, ЭШ-100.100.

Решетчатые (форменные) стрелы с дополнительной стойкой и промежуточной подвеской характерны для экскаваторов фирм «Марион» и «Бюсайрус-ИРИ» (США).

В основу действующей системы индексации одноковшовых экскаваторов заложена размерная группа машин, которая определяется вместимостью ковша (карьерные экскаваторы), а также еще и радиусом черпания (вскрышные экскаваторы) или длиной стрелы (драглайны).

Так, обозначение ЭКГ-8 расшифровывается: Э – экскаватор; К – карьерный; Г – гусеничный; 8 – вместимость ковша, $м^3$.

Обозначение ЭВГ-35/65 расшифровывается: Э – экскаватор; В – вскрышной; Г – гусеничный; 35 – вместимость ковша, $м^3$; 65 – радиус черпания, м.

Обозначение ЭШ-40.85 расшифровывается: Э – экскаватор; Ш – шагающий; 40 – вместимость ковша, $м^3$; 85 – длины стрелы, м.

Главные механизмы экскаваторов. Для осуществления рабочих движений ковша экскаватора – подъема, напора (тяги у драглайна) и поворота к месту разгрузки – служат специальные механизмы.

Все эти механизмы устанавливаются на поворотной платформе, кроме зубчато-реечного напорного механизма, который устанавливается на стреле. По кинематическому признаку механизмы экскаваторов подразделяют на три типа:

1) с однодвигательной схемой привода всех механизмов;

2) с групповой схемой привода нескольких механизмов от общих двигателей;

3) с многодвигательной схемой привода от индивидуальных двигателей.

Однодвигательная и групповая схемы привода применяются на универсальных экскаваторах малой мощности.

Механизмы экскаваторов средней и большой мощности имеют индивидуальный привод.

Механизмы подъема, тяги и канатного напора одноковшовых экскаваторов (за исключением гидравлических) состоят из приводных лебедок и канатно-блочных передач. Схемы канатно-блочных передач у экскаваторов с индивидуальным приводом обычно бывают бесполиспастными. При двух- или четырехканатном подъеме на ковше мехлопат устанавливаются уравнительные блоки, выравнивающие натяжение отдельных ветвей-канатов. На драглайнах полиспастные системы на подъеме и тяге, как правило, не применяются.

Подъемные лебедки экскаваторов подразделяют по числу двигателей, барабанов и редукторов. По числу двигателей подъемные лебедки бывают однодвигательными (ЭКГ-5А); двухдвигательными (ЭКГ-8; ЭКГ-12,5;

ЭКГ-20А; ЭШ-6.45М; ЭШ-10.70А; ЭШ-15.70 и др.); многодвигательными, с четырьмя (ЭШ-40.85; ЭШ-100.100) и более двигателями.

По числу барабанов подъемные (тяговые) лебедки экскаваторов подразделяют на однобарабанные и сдвоенные (двухбарабанные).

По числу редукторов подъемные лебедки делят на следующие виды:

одноредукторные, двухредукторные и многоредукторные (с четырьмя и более редукторами).

Применение унифицированных стандартных узлов (модулей) для подъемных и тяговых лебедок позволяет получить типовой унифицированный ряд лебедок.

Унифицированные подъемные лебедки применяют на карьерных механических лопатах (ЭКГ-8, ЭКГ-4У, ЭКГ-12,5) , подъемные и тяговые – на драглайнах. Преимущества таких лебедок – высокая надежность уже отработанных модулей, взаимозаменяемость, высокая ремонтопригодность и малая номенклатура запасных частей.

Главные механизмы экскаваторов с индивидуальным приводом имеют электрическое рабочее торможение двигателей. Механические тормоза используют только при перерывах в работе и аварийных режимах, требующих экстренной остановки машин.

Опорно-поворотные устройства экскаваторов состоят из механизма поворота платформы, опорного устройства и центральной цапфы (последняя может отсутствовать).

Механизм поворота обеспечивает вращение платформы экскаватора с целью осуществления рабочего движения или поворота на выгрузку и в забой.

Современные карьерные и вскрышные экскаваторы имеют механизм поворота с индивидуальным приводом, состоящий из двух или более самостоятельных установок, работающих на общий зубчатый венец. Каждая установка состоит из электродвигателя, редуктора и тормоза. Частота вращения поворотной платформы одноковшовых экскаваторов малой мощности составляет 0,05 $с^{-1}$, мощных – 0,02–0,03 $с^{-1}$.

В механизмах поворота на отечественных мощных драглайнах и вскрышных лопатах применяются также и безредукторные приводы с тихоходными двигателями.

На драглайне ЭШ-100.100 установлены восемь фланцевых двигателей постоянного тока мощностью по 1000 кВт каждый, с номинальной частотой вращения ротора 0,533 $с^{-1}$.

Поворотные механизмы одноковшовых экскаваторов испытывают небольшие сопротивления повороту (обусловленные главным образом трением в опорно-поворотном устройстве), большие ускорения и работают в режиме «разгон-торможение». При таком режиме работы основная нагрузка поворотных двигателей – это силы инерции вращае-

мых масс. Поворотное движение составляет 70–80% общей продолжительности рабочего цикла экскаватора. Сокращая продолжительность поворотных движений, можно увеличить производительность экскаватора. В этой связи суммарная мощность двигателей механизмов поворота современных одноковшовых экскаваторов может составлять 10 тыс. кВт и более и ограничивается она прочностью конструкций стрел и рукоятей, получающих значительные инерционные нагрузки при интенсивном разгоне и торможении.

Опорное устройство предназначено для восприятия и передачи горизонтальных и вертикальных нагрузок от поворотной платформы на раму ходового устройства экскаватора и дает возможность поворотной платформе свободно вращаться относительно ходового устройства.

На одноковшовых экскаваторах в основном применяют опорно-поворотные устройства с центральной цапфой и свободными катками, оси которых закреплены в обойме. Катки выполняются цилиндрическими или коническими с одной или двумя ребордами.

Центральная цапфа служит осью вращения и является центрирующим элементом поворотной платформы экскаватора с опорной его частью, а также препятствует отрыву поворотной платформы от роликового круга.

Ходовое оборудование является опорой экскаватора и служит для его перемещения в процессе работы или холостого перегона. Типы ходового оборудования, применяющегося в одноковшовых и многоковшовых экскаваторах, приведены в табл. 18.6.

Гусеничное ходовое оборудование обеспечивает: высокую маневренность экскаватора, устойчивость, способность преодолевать значительные уклоны, высокую проходимость, малые давления на почву и получило благодаря этому наиболее широкое применение в экскаваторах. Им оснащаются практически все типы одноковшовых экскаваторов: карьерные, карьерно-строительные и вскрышные с напорной прямой (обратной) лопатой, а также карьерно-строительные драглайны с вместимостью ковша до 6 м^3.

Гусеничное ходовое оборудование позволяет перемещаться одноковшовым экскаваторам со скоростью от 5 км/ч (строительные экскаваторы малой мощности) до 0,25 км/ч (мощные вскрышные лопаты). При этом давление на почву составляет до 0,42 МПа для карьерных и до 0,35 МПа для вскрышных лопат.

Преодолеваемые гусеничными ходами уклоны составляют обычно 7° у мощных машин и 12° – у машин малой и средней мощности. Основные недостатки этого типа оборудования: большая масса, достигающая 30–40% общей массы машины, сложное устройство, сравнительно небольшая долговечность.

По способу передачи давления на грунт гусеницы бывают много – и малоопорными. У первых (рис. 18.6а) между осями соседних катков (расстояние А) размещается менее двух звеньев гусеницы. Звенья не могут прогибаться вверх между катками и поэтому такая гусеница равномерно передает давление Р на почву. В малоопорной гусенице (рис. 18.6б*)* между осями катков размещается два звена или более. Гусеница может прогибаться между катками и давление на почву получается неравномерным.

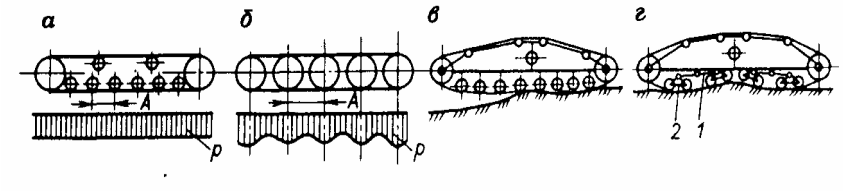


Рис. 18.6. Гусеничное ходовое оборудование экскаваторов
а – многоопорная гусеница; *б* – малоопорная гусеница;
в – жесткая гусеница; *г* – гибкая гусеница.

Многоопорная гусеница применяется на экскаваторах, работающих на слабых породах, а малоопорная – на экскаваторах, работающих на скальных породах.

По приспосабливаемости к неровностям почвы гусеницы могут быть жесткими и мягкими. Жесткие гусеницы (рис. 18.6в) не могут приспосабливаться к неровностям почвы.

Катки гибких гусениц (рис. 18.6г) устанавливаются на балансирах *1* и каретках 2. Это обеспечивает высокую приспосабливаемость гусеницы в продольном направлении к неровностям почвы. Вследствие этого давление на породу передается более равномерно и детали гусеничного хода не испытывают больших сосредоточенных нагрузок.

На одноковшовых экскаваторах используются двух-, четырех- и восьмигусеничные ходовые системы. Четырехгусеничное ходовое оборудование используется относительно редко (ЭКГ-12,5 массой 660 т). Существующие восьмигусеничные системы в состоянии перемещать массу до 12,6 тыс. т (мехлопата для вскрышных работ 6360-М фирмы «Марион» США).

Шагающее ходовое оборудование применяется на шагающих драглайнах. Его преимущества: очень малое давление на почву, составляющее у драглайнов средней мощности около 0,04 МПа и доходящее до 0,1 МПа у драглайнов большой мощности; высокая маневренность (экскаватор может сразу изменить направление движения на любой

угол); простое устройство (по сравнению с гусеничным). В то же время экскаваторы, оснащенные шагающим ходовым оборудованием, имеют малую скорость хода, колеблющуюся от 0,5 км/ч у средних экскаваторов до 0,06 км/ч – у мощных, и поверхность. Поля их перемещения должны быть планированы.

Шагающее ходовое оборудование состоит из опорной базы и механизма шагания. Последний предусматривает опорные лыжи, механизм перемещения и привод.

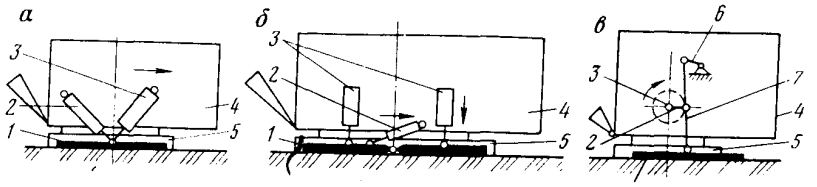


Рис. 18.7. Схемы механизмов шагания.
а – гидравлического; *б* – гидравлического с полным отрывом от базы от грунта; *в* – кривошипно-рычажного

Конструкции механизмов шагания могут быть гидравлическими и кривошипными. При шагании экскаватор опирается да почву тремя точками.

Гидравлический механизм шагания (рис. 18.7*а)* состоит из лыж 1, тяговых 2 и подъемных 3 гидроцилиндров, расположенных с двух сторон платформы 4 экскаватора. Штоки гидроцилиндров через траверсу соединяются с лыжами, сами гидроцилиндры шарнирно – с металлоконструкцией надстройки и новоротной платформы. От насосной станции рабочая жидкость подается в штоковые или поршневые полости гидроцилиндров, поднимая или опуская лыжи. Во время работы опорная база 5 экскаватора всей своей поверхностью опирается на почву, а лыжи находятся и поднятом положении.

Для шагания лыжи опускаются на почву. При возрастании давления в подъемных гидроцилиндрах 3 один конец опорной базы поднимается и с помощью тяговых гидроцилиндров 2 экскаватор, опираясь на лыжи и на точку базы со стороны стрелы, сдвигается на шаг 1-2,5 м и снова опускается на почву. Затем процесс шагания повторяется. Таким образом экскаватор при шагании опирается на почву тремя точками и всегда перемешается в направлении от стрелы – задней частью поворотной платформы 4 вперед. Для изменения направления движения поворотную платформу 4 поворачивают в нужном направлении на опорной базе 5 при поднятых лыжах 1. Все модели драглайнов, выпускаемых ПО «Уралмаш», оборудованы гидравлическими механизмами шагания.

На мощном драглайне ЭШ-100.100 применено гидравлическое шагающее устройство с полным отрывом опорной базы от грунта (рис. 18.7б). В этом случае экскаватор оборудуется четырьмя подъемными 3 и двумя вспомогательными 2 гидроцилиндрами. Во время шагания поворотная платформа 4 опирается на четыре точки и поднимается гидроцилиндрами 3 вместе с опорной базой 5, сохраняя горизонтальное положение. Горизонтальное перемещение экскаватора и лыж 1 производится вспомогательными цилиндрами. На этой схеме выполнен также механизм шагания драйна 4250-W (США) с рабочей массой 13,6 тыс. т.

На драглайнах Ново-Краматорского машиностроительного завода (НКМЗ) применяется кривошипно-рычажный механизм шагания (рис. 18.7в).

Кривошип 2 посажен на вал 3, получающий вращение от привода механизма шагания, расположенного на поворотной платформе. На кривошипе 2 на роликоподшипниках насажена стойка 7, соединенная снизу шаровым шарниром с лыжей, а вверху – через тягу 6 платформой *4* экскаватора, размещенной на опорной базе 5 .Вращение кривошипа по часовой стрелке вызовет подъем и смещение экскаватора. После поворота на 90° будут происходить перемещение и опускание экскаватора. Перемещение экскаватора закончится, когда кривошип повернется еще на 90°. Дальнейший поворот кривошипа на 90° вызовет подъем лыжи в самое верхнеее и смещение ее за среднее положения. Сделав поворот еще на 90° (всего 360°, т.е. полный оборот кривошипа), лыжа вернется в первоначальное состояние (лыжа опущена на почву). Такой механизм шагания применяется на экскаваторах ЭШ-6.45М, ЭШ-10.60, ЭШ-10.70А, ЭШ-20.55.

На драглайнах, выпускаемых фирмами «Марион», «Пейдж» «Бюссайрус-Ири» (США), применяются кривошипные механизмы шагания, выполненные по нескольким конструктивным схемам: кривошипно-шарнирной с треугольной рамой, двухкривошипной, кривошипно-эксцентриковой с тягой, кривошипно-ползунковой и кривошипно-эксцентриковой.

Технические данные одноковшовых экскаваторов. Одноковшовые экскаваторы типа ЭКГ выпускаются Ижорским заводом тяжелого машиностроения, П.О. "Уралмаш" и "Крастяжмаш". Основные параметры ш; х экскаваторов приведены в табл. 18.2.

В СССР на ближайшую перспективу предусмотрено производство механических лопат базовых моделей с ковшами вместимостью 5, 8, 10, 12,5, 15 и 20м^3.

Удельная масса современных карьерных лопат составляет 36,5–52.8 т, а удельная энерговооруженность 50-125 кВт на 1 м^3 вместимости стандартного ковша базовой модели.

Ходовое оборудование гусеничное. Гусеничные тележки снабжены малоопорными гусеницами. Среднее давление на грунт составляет 0,2–0.3 МПа, скорость хода – 0,9–0,45 км/ч в зависимости от мощности экскавато-

ра. Преодолеваемый подъем не более 12° при прямолинейном движении по плотному грунту.

Таблица 18.2.

Параметры	ЭКГ-4У	ЭКГ-8	ЭКГ-10Ус	ЭКГ-12,5	ЭКГ-6,3У	ЭКГ-5А	ЭКГ-20А	ЭКГ-12,5У
Вместимость ковша,$м^3$:								
стандартного (основного)	4	8	10	12,5	6,3	5	20	12,5
сменного	5	6,3; 10	8; 12,5	16	8	-	18; 23	10
Длина стрелы, м	20,6	13,35	13,85	18	31	10,5	17	30,5
Длина рукояти, м	15	11,43	11,8	13,6	23	7,8	11,9	20
Радиус черпания, $R_ч$, м, не более	23,7	18,4	18,4	22,6	35	14,5	21,6	33
Высота черпанияn $h_ч$, м, не более	22	13,5	13,5	15,6	30	10,3	17,9	27,5
Радиус разгрузки $R_р$, м, не более	22,14	16,3	16,2	20	33	12,65	19,4	31,5
Усилие на блоке ковша, кН	450	800	1000	1250	700	500	1800	1800
Усилие напора, кН	270	400	500	600	500	205	1500	1500
Скорость подъема ковша, м/с	1,36	0,94	0,95	1,1	1,6	0,87	1,08	1,2
Скорость напора, м/с	0,61	0,41	0,61	0,61	0,7	0,95	0,74	0,9
Частота вращения платформы, $с^{-1}$	0,0464	0,0464	0,0464	0,0464	0,0464	0,05	0,0516	0,0416
Мощность электродвигателей, кВт:								
сетевого	630	630	630	1250	1250	250	2500	2500
механизма подъема	2х190	2х190	2х250		2х450	200		2х500
механизма напора		100	140		140	54		2х150
механизма поворота		2х100	2х140		3х175	2х60		4х150
ходовой части		2х54	2х60		2х100	54		2х150
Ширина гусеницы, м		1,1; 1,4	1,1; 1,4		0,9	0,9	1,4	2,1
Длина гусенецы между осями, м		8	8		13	6		10,8
Скорость передвижения, км/ч		0,42	0,5		0,43	0,55		0,9
Тяговое усилие хода, кН		1800	1800		4600	800		5000
Среднее давление на грунт, МПа	0,196	0,204	0,28-0,22	0,2	0,2	0,212		0,3
Конструктивная масса, т	332	337	337	638	654	157		-
Рабочая масса, т	367	370	390	660	673	197	930	1000±100
Время цикла при угле поворота 90º, С	30	26	26	28	35	23	28	40

Наиболее распространенный привод механизмов карьерных лопат – индивидуальный, многодвигательный, постоянного тока по системе Г – Д (генератор – двигатель) с силовыми магнитными усилителями. В настоящее время ведутся работы по созданию статических тиристорных преобразователей.

Электроприводом по системе тиристорный преобразователь двигатель (ТП – Д) и планетарной передачей в поворотном механизме оснащен экскаватор ЭКГ-5А.

Экскаваторы имеют ряд вспомогательных механизмов для проведения ремонтных и монтажных работ.

Переоборудование базовых моделей экскаваторов в экскаваторы с удлиненной стрелой (ЭКГ-4У; ЭКГ-10Ус; ЭКГ-6,3У; ЭКГ-12,5У) производится заменой рабочего оборудования (стрелы, рукояти, ковша, подкоса и вант). Остальные узлы являются полностью унифицированными с узлами базовой модели.

Шагающие драглайны – экскаваторы типа ЭШ выпускаются Ново-Краматорским машиностроительным заводом (НКМЗ) ПО «Уралмаш» и «Крастяжмаш».

НКМЗ выпускает четыре базовых (ЭШ-6.45М; ЭШ-10.60; ЭШ-10.70А, ЭШ-20.55) модели и две модификации – ЭШ-13.50 и ЭШ-15.70. Все модели имеют аналогичное конструктивное исполнение. Различие состоит в деталях компоновки механизмов на поворотной платформе. Механизм шагания экскаваторов, как правило, кривошипно-рычажный. Для управления главными приводами экскаваторов применяется система Г – Д с питанием обмоток возбуждения генератора от силовых магнитных усилителей.

Все модели шагающих экскаваторов, выпускаемых ПО «Уралмаш», имеют гидравлический механизм шагания с неполным (кроме ЭШ-100.100) отрывом базы. Из выпущенных ПО «Уралмаш» машин наибольшее количество приходится на модель ЭШ-15.90, на базе которой создан экскаватор ЭШ-20.90. Разрабатываемый драглайн ЭШ-100.100 – один из крупнейших шагающих экскаваторов в мире. Основные его конструктивные особенности: гидравлическое шагающее устройство с полным отрывом базы и длиной шага 3 м, трехгранная жесткая трубчатая стрела, лебедки со сдвоенными барабанами диаметром 3,4 м с четырьмя тяговыми и подъемными канатами диаметром по 90 мм.

На всех экскаваторах, выпускаемых в настоящее время ПО «Уралмаш», электропривод главных механизмов выполнен по системе ТП – Д (тиристорный преобразователь – двигатель).

За рубежом шагающие экскаваторы выпускают фирмы «Бюсайрус Ири», «Марион», «Пейдж» (США) и «Рансон-Рапир» (Великобритания).

Основные технические данные шагающих драглайнов приведены в таблице 18.3.

Таблица 18.3

Параметры	ЭШ-6.45М	ЭШ-10.60	ЭШ-10.70А	ЭШ-20.55	ЭШ-20.90	ЭШ-40.85	ЭШ-100.100
			(ЭШ-13.50)	(ЭШ-15.70)			
Вместимость ковша, м	6,3	!0	10(13)	20(15)	20	40	100
Длина стрелы, м	45	60	70(50)	55(70)	90	85	100
Радиус черпания (выгрузки), м	43,5	58	66,5(46,5)	54(67,5)	83	82	97
Глубина черпания, м	22	35	35(21)	27(35)	42	40	47
Высота выгрузки, м	19,5	24	27,5 (20,5)	19(24,5)	38,5	33	30
Скорость ковша, м/с:							
при подъеме	2,1	2,3	2,58	2,78	2,65	2,8	3,0
при тяге	2,1	1,9	2,38	2,38	1,33	1,4	1,5
Подъемное усилие на ковше, кН	250	500	500	500	1150	2300	5500
Тяговое усилие на ковше, кН	300	600	600	910	1250	2500	5800
Частота вращения платформы, $с^{-1}$	0,0299	0,0292	0,0264	0,0258	0,02	0,02	0,0208
Мошность двигателей, кВт:							
сетевого	660	1150	1460	2200	2500	3х2250	4х3600
лебедки подъема	2х190	3х350	2х500	2х1000	2х1000	6х1000	4х3600
лебедки тяги	2х190	2х350	2х500	2х1000	2х1000	4х1000	4х2550
механизма поворота	2х100	2х250	2х500	2х500	4х250	4х450	8х1000
ходовой части	2х190*	350	500	1000	800	2х500	4х500
Скорость передвижения, км/ч	0,48	0,2	0,2	0,2	0,08	0,06	0,06
Диаметр базы, м	7.7	9,5	9,7	12,3	14,5	18	27
Среднее давление на грунт, МПа:							
при работе	0,06	0,084	0,094 (0,084)	0,085(0,1)	0,115	0,127	0,17

Параметры	ЭШ-6.45М	ЭШ-10.60	ЭШ-10.70А	ЭШ-20.55	ЭШ-20.90	ЭШ-40.85	ЭШ-100.100
при шагании	0,105	0,12	0,149 (0,135)	0,15(0,15)	0,24	0,196	0,26
Масса экскаватора, т	295	558	688(620)	1082(1103)	1740	3200	10300
Продолжительность цикла при угле поворота 135, °С	42	52	54 (40) **	52***(58)	60	60	60

*0т привода тяговой лебедки;
** При угле поворота 60^0,
***При угле поворота 120° .

МНОГОКОВШОВЫЕ ЭКСКАВАТОРЫ. ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ЭКСКАВАТОРОВ

Выпускаемые в России вскрышные (ЭР) и добычные (ЭРП или ЭР-Д) роторные экскаваторы – это самоходные машины непрерывного действия, отделяющие горную массу в забое ковшами, установленными на роторе и предназначенными для одновременной разработки и транспортирования вскрышных пород или полезного ископаемого (рис. 19.1). Порода после ее разгрузки из ковшей ротора 7 транспортируется ленточным конвейером 10, расположенным на выдвижной стреле 2.

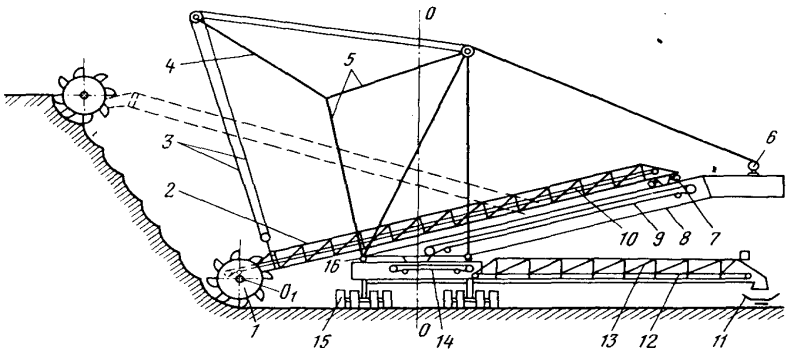


Рис. 19.1. Конструктивная схема роторного экскаватора с выдвижной стрелой

Ротор вращается в вертикальной плоскости относительно точки 01 и перемещается одновременно в горизонтальной плоскости путем поворота стрелы с ротором на платформе 16 вокруг оси О–О. Экскаваторы с указанными движениями роторного колеса называются экскаваторами радиального копания.

Другие основные элементы экскаватора: подвеска стрелы 3, пилон 4, надстройка 5, стрела противовеса 8, выдвижная тележка 7, лебедка подъема стрелы 6, отвальная стрела 13, гусеничные тележки 15. Со стрелового ленточного конвейера 10 порода поступает на конвейер 9 стрелы противовеса, а затем через перегрузочный конвейер 14 на отвальный конвейер 12 и далее на карьерный транспорт 11.

Роторные экскаваторы подразделяют:

по теоретической производительности в разрыхленной массе – на малые (до 600м ^{3}/ч), средние (до 2500 м ^{3}/ч), большие (до 5000 м^3/ч), мощные (до 10000 м^3/ч), и сверхмощные (до 100000 м ^{3}/ч); по взаимному расположению экскаватора и забоя – верхнего, а также верхнего и нижнего копания (экскаваторы верхнего копания могут иметь глубину копания ниже горизонта установления машины не более 0,5 диаметра ротора); по способу подачи рабочего оборудования на забой – с выдвижными и невыдвижными стрелами.

Мощные роторные экскаваторы выпускаются с невыдвижными стрелами, что на 20–25% снижает их массу по сравнению с экскаваторами, имеющими выдвижные стрелы.

Рабочее оборудование роторных экскаваторов включает в себя рабочий орган – ротор с ковшами, приемно-питающее устройство ротора и стрелу. Роторные исполнительные органы по способу разгрузки могут быть гравитационными и инерционными.

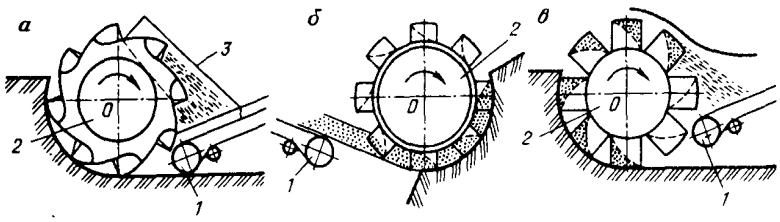
Гравитационная торцовая разгрузка кусков породы из ковшей ротора 2 (рис. 19.2а) происходит при подъеме ковшей в верхнее положение. Под действием собственного веса разгружаемый материал поступает па наклонный лоток 3 и далее на конвейер1.

Основной недостаток роторов с гравитационной разгрузкой – ограничение угловой скорости ротора центробежными силами, которые препятствуют разгрузке.

Угловая скорость W_{max} (рад/с) должна быть не больше величины

$$W_{\max} = (2{,}22 \div 3{,}14) Д_p^{-1}, \qquad (19.1)$$

где $Д_р$ – диаметр ротора, м.



19.2. Схема разгрузки роторов: *а* – гравитационная;
б – инерционная через ротор с подъемом материала;
в – инерционная за ротором без подъема материала

Инерционная или центробежная разгрузка позволяет применять большую частоту вращения (частоту разгрузок ковшей ротора) по сравнению с гравитационной. Роторы 2 с инерционной разгрузкой (рис. 19.2б, в) устанавливаются впереди конвейера 1 и могут осуществлять разгрузку через ротор с подъемом материала (рис. 19.2в) или за ротором без подъема материала (рис. 19.2б).

По конструкции роторы с гравитационной разгрузкой могут быть бескамерными, камерными, комбинированными (полукаменными). В бескамерном роторе (рис. 19.3д) порода в ковше 3 вместимостью V и небольшой подковшовой камере 1 вместимостью V_1 перемещается по неподвижной обечайке 2, прикрепленной к стреле и закрывающей подковшовое пространство с внутренней стороны. В зоне разгрузочного сектора с углом γ_p порода высыпается из подковшовой камеры и ковша на неподвижный приемный лоток 5, направляющий породу на конвейер 4, расположенный сбоку роторного колеса. Приемный лоток связан со стрелой и установлен внутри ротора.

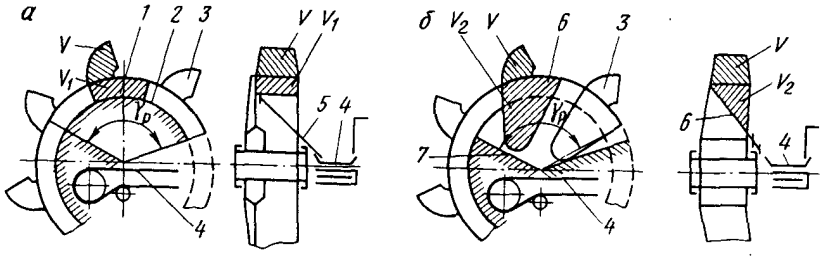


Рис. 19.3. Схемы роторов: *а* – бескамерного; *б* – камерного.

В камерном роторе (рис. 19.3б) под ковшами 3 вместимостью *V*, расположены внутри колеса специальные камеры 6 значительной вместимости V_2. Боковая стенка камеры 6 выполняет роль лотка, направляющего породу на конвейер 4 после выхода ковша с камерой за пределы запирающего сектора 7.

Следует отметить, что путь перемещения породы по разгрузочным поверхностям камерного ротора значительно длиннее, чем у бескамерного, что требует снижать частоту вращения камерного ротора и число разгрузок ковшей в минуту в 2,7-3,6 раза по сравнению с бескамерным.

Комбинированный (полукамерный) ротор имеет удлиненную заднюю стенку ковша, несколько не доходящую до центра ротора. Поэтому

ковши вместе с подковшовой камерой, образованной неподвижным запирающим сектором и удлиненной задней стенкой ковша имеют в зоне черпания значительную вместимость. Благодаря этому комбинированный ротор по вместимости ковша приближается к камерному, а по легкости разгрузки к бескамерному.

Привод ротора состоит из зубчатого редуктора и двигателя. На мощных экскаваторах привод может иметь несколько редукторов и двигателей.

Теоретическая производительность экскаватора Q(*м³/ч)* определяется количеством горной массы в тоннах или кубических метрах, которое может быть выработано в единицу времени (обычно за 1 ч) при непрерывной работе экскаватора.

Условия работы принимают для различных машин предположительно одинаковыми, коэффициенты $k_н$ (наполнения ковша) и $k_р$ (разрыхления породы) — равными единице.

При расчете теоретической производительности одноковшовых экскаваторов одинаковый угол поворота мехлопат на выгрузку принимается 90°, драглайнов – 135° , скорости рабочих движений и удельные сопротивления породы копанию – одинаковыми. При расчете же *Q,* многоковшовых экскаваторов расчет ведется по числу ковшей, разгружаемых за минуту при номинальном режиме (скорости резания) и указанных выше условиях наполнения ковшей ($k_н = k_р = 1$).

Теоретическая производительность экскаватора по рыхлой массе

$$Q = 60En_z \qquad (19.2)$$

где E – вместимость ковша, м³; n_z – число ковшей, разгружаемых в 1 мин.

Для многоковшовых экскаваторов n_z указывается в технической характеристике, для одноковшовых экскаваторов в технической характеристике указывается длительность цикла $t_ц$, а величина n_z рассчитывается по формуле:

$$n_z = 60t_ц^{-1}$$

Техническая производительность $Q_т$ (м³/ч) экскаватора рассчитывается с учетом конкретных условий работы: категорий пород, коэффициентов разрыхления породы $k_р$ и наполнения ковша $k_н$ при непрерывной работе, а также с учетом перерывов в работе, неизбежных для данного типа экскаватора. Так, например, перерывы в работе одноковшового экскаватора происходят при его передвижении, роторного - при изменении направления поворота стрелы и передвижении при подходе к забою.

Техническая производительность

$$Q_T = Q\frac{k_н}{k_p}\frac{t_p}{t_p + t_n} = 60En_z\frac{t_p}{t_p + t_n}k_{эк}, \qquad (19.3)$$

где $k_н$=0,8÷1,1 – коэффициент наполнения ковша; k_p=1,1÷1,5 – коэффициент разрыхления породы; t_p – продолжительность непрерывной работы экскаватора с одного места установки или при одном направлении движения рабочего органа (для многоковшовых экскаваторов); $t_п$ – продолжительность одной передвижки (для одноковшовых экскаваторов) или перемены направления движения рабочего органа (для многоковшовых экскаваторов); $k_{эк}= k_н / k_p$ – коэффициент экскавации.

Эксплуатационная производительность $Q_э$ (м^3/смену) характеризует фактический объем горной массы, отработанной экскаватором за определенный период его эксплуатации, и определяется с учетом неизбежных организационных, технологических простоев (учитываются потери времени на приемку смены и осмотр машины, на проведение ежесменного технического обслуживания, замену подвижного состава) и простоев, связанных с ликвидацией отказов оборудования экскаватора.

Сменная эксплуатационная производительность

$$Q_э = Q_T t_c k_в = 60En_z\frac{t_p}{t_p + t_n}k_{эк}t_c k_в, \qquad (19.4)$$

где t_c – продолжительность рабочей смены, ч; $k_в$ – коэффициент использования экскаватора во времени.

Для экскаваторов, работающих с погрузкой в железнодорожные вагоны, – $k_в$ = 0,55÷0,8; с погрузкой в автосамосвалы, на конвейеры и в отвал – $k_в$ =0,8÷09.

Пути повышения производительности экскаваторов. Заполнение ковша породой одноковшовых экскаваторов – наиболее ответственная операция рабочего цикла (30–40% по времени), и сокращение продолжительности этого процесса достигается правильным выбором толщины стружки, места заполнения ковша и применением ряда других приемов.

Машинист одноковшовых экскаваторов в течение одного цикла выполняет 12–18 операций, совершая до 90 движений в 1 мин. Ручное управление экскаватором при мгновенных изменениях условий работы затрудняет эффективное выполнение процесса. Продолжительность рабочего цикла одноковшового экскаватора может быть сокращена и, следовательно, увеличена его производительность при автоматизации процесса управления. Поэтому в настоящее время ведутся работы по созданию комбинированных систем управления, сочетающих преимущества управления человеком-оператором и микропроцессором.

Более приспособлены к автоматизации рабочих процессов машины непрерывного действия многоковшовые экскаваторы.

Управление процессом копания при работе роторного экскаватора осуществляется за счет изменения скорости боковой подачи рабочего органа ротора.

Цель автоматизации процесса копания – получение максимальной производительности, возможной в конкретных горно-геологических условиях. Эффективное управление процессом сводится к стабилизации одного из показателей процесса – нагрузки рабочего органа экскаватора или производительности по массе или объему. Любой из этих показателей может оказаться ограничивающим, что зависит от свойств экскавируемой горной массы, климатических условий, состояния оборудования и других факторов, определяющих уровень стабилизации процесса.

Ряд систем стабилизации загрузки ротора внедрен на экскаваторах ЭРГ-400, ЭР-1250 и др. Во всех случаях было достигнуто повышение производительности экскаваторов на 10–30%, уменьшение размахов колебаний мощности и производительности от их среднего значения на 25–40% и снижение утомляемости машиниста.

Лекция 20

ВЫЕМОЧНО-ТРАНСПОРТИРУЮЩИЕ МАШИНЫ. КОМПЛЕКСЫ МАШИН НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

Бульдозеры. Бульдозером называется выемочно-транспорти-рующая машина (рис. 20.1), оборудованная отвалом 3 с ножом 2, для послойной срезки, перемещения и разравнивания породы. Отвал с ножом закрепляется впереди тягового агрегата трактора или тягача на толкающей раме 1.

Бульдозеры снабжаются гидроцилиндрами 4 подъема и опускания отвала.

Бульдозеры, применяющиеся на горных работах, в основном оснащены неповоротным отвалом, установленным под углом 90° к продольной оси тягового агрегата. Толкающая рама 1 связывает отвал с базовой машиной и передает ему напорное усилие. К задней стенке отвала 3 крепятся кронштейны, в которые вставляются пальцы рычагов 5, соединяющих его с боковыми брусьями толкающей рамы и допускающих перекос отвала в вертикальной плоскости.

У бульдозеров с поворотным отвалом последний можно устанавливать в горизонтальной плоскости под углом до 27° в обе стороны от продольной оси или перпендикулярно к ней.

Тракторы одновременно с отвалом оснащаются также рыхлителями, представляющими собой прицепное или навесное оборудование к трактору. Рыхлители применяются для разрушения пород, которые не могут быть эффективно и экономично разрушены экскаваторами и бульдозерами. К таким породам относятся: песчаник, глинистый сланец, известняки, доломит. Наибольшее распространение получили навесные рыхлители.

Бульдозеры в СССР серийно выпускали на базе гусеничных тракторов тяговых классов 30, 40, 100, 150 и 250 кН и на базе колесных тягачей классов 14, 40, 100 и 250 кН.

Наибольшее распространение на карьерах получили бульдозерно-рыхлительные агрегаты на базе тракторов Т-130.1. Г-1, Т-180Г, ДЭТ-250М и Т-330 (табл. 20.1).

Наиболее мощным отечественным колесным бульдозером является бульдозер модели ДЗ-113 НПО «ВНИИстройдормаш». Базовый тягач бульдозера ДЗ-113 – это специальное шасси с шарнирно-сочлененной рамой тягового класса 250 кН, мощностью двигателя 405 кВт и скоростью передвижения до 50 км/ч. Угол резания отвала бульдозера 55° и возможность поперечного перекоса ±15°. Навесной рыхлитель имеет от одного до трех зубьев. Глубина рыхления до 200 мм. Для управления отвалом и рыхлителем используется гидросистема базового трактора.

Скреперы — выемочно-транспортирующие машины, предназначенные для послойного срезания породы и транспортирования ее на расстояние до нескольких километров с последующей послойной укладкой в месте выгрузки.

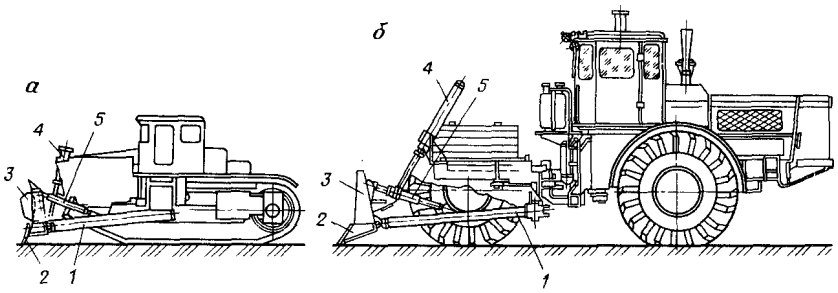


Рис.20.1. Бульдозеры:
а – на гусеничном тракторе; *б* – колесный

Таблица 20.1

Показатель	Базовый трактор					
	Т-130.1.Г-1		Т-180Г	ДЭТ-250М	Т-330	
Бульдозер	ДЗ-110ХЛ	ДЗ-109ХЛ	ДЗ-35	ДЗ-118	ДЗ-59ХЛ	ДЗ-60ХЛ
Параметры отвала, мм:						
длина	3220	4120	3640	4310	4730	5480
высота	1300	1170	1480	1550	1750	1420
подъем отвала	995	1050	1000	1070	1170	1110
Заглубление отвала	465	440	500	450	520	790
Рыхлитель: ДП-22С ДП-9ХЛ	ДП-26С	-	ДП-22С	ДП-9ХЛ	ДП-10С	-
число зубьев	1	-	1-3	1-3	1-3	-
глубина рыхления, мм	450	-	500	1200	700	-
Масса оборудования, т:						
бульдозерного	2,3	2,9	3,4	4,8	7,5	6,9
рыхлительного	1,6	-	6,4	6,1	6,4	-
общая агрегата	17,5	19,1	26,7	40,7	50,6	49,9

Скрепер (рис. 20.2) представляет собой буксируемый или самоходный ковш 4, имеющий нож 6 по всей ширине передней кромки днища ковша. С помощью ножа отделяется слой породы. Ковш является рабочим органом скрепера, который врезается в массив под действием тягового и напорного усилий. Спереди он снабжен заслонкой 3, с помощью которой изменяется размер щели между режущей кромкой (ножом) ковша и нижней кромкой заслонки. Размер щели расширяется в зависимости от толщины срезаемого слоя, которая, в свою очередь, зависит от физико-механических свойств породы. После заполнения ковша заслонка закрывается и ковш переводится в транспортное положение. Порода из скрепера выгружается принудительным способом. Заслонка 3 открывается и порода выталкивается из ковша подвижной задней стенкой 5.

Повороты заслонки, перевод ковша в рабочее и транспортное положения, перемещение задней стенки ковша производятся с помощью гидравлических цилиндров, установленных на скрепере.

Полуприцепные и самоходные скреперы агрегатируются с тракторами и тягачами 1 с помощью седельно-сцепного устройства 2.

Кроме самоходных (рис. 20.2б) и полуприцепных (рис. 20.2д) выпускаются также двухосные прицепные скреперы (рис. 20.2в).

Самоходные скреперы по сравнению с прицепными и полуприцепными имеют при одинаковой общей массе большие: сцепной вес, мощность, маневренность и быстроходность.

Основные параметры скрепера: мощность двигателя тягача, конструктивная масса машины, габариты и максимальная толщина срезаемого слоя грунта, колесная база, рабочая и транспортная скорости, нагрузка на оси. Главный параметр – геометрическая вместимость ковша V ($м^3$).

Основные технические данные скреперов приведены в табл. 20.2. Наиболее крупные отечественные скреперы: прицепной – ДЗ-79, агрегатируемый с базовым трактором Т-330; полуприцепной – ДЗ-74, агрегатируемый с двухосным трактором К-702; самоходный одномоторный, агрегатируемый с одноосным тягачом БелАЗ-531.

Наиболее мощным отечественным скрепером является разработанный НПО «ВНИИстройдормаш» двухмоторный самоходный скрепер ДЗ-107-1 с общей установленной мощностью привода 914 кВт, грузоподъемностью 45 т и вместимостью ковша с шапкой около 30 $м^3$. Масса груженого скрепера составляет 115 т, а скорость перемещения с полной нагрузкой на горизонтальных участках дороги достигает 50 км/ч.

Одноковшовые фронтальные погрузчики (рис. 20.3) получают все более широкое применение на открытых горных работах благодаря своей универсальности.

Погрузчики создаются на базе гусеничных тракторов или специальных самоходных пневмошинных 1 шасси.

Фронтальные погрузчики могут разгружать ковш 2 путем его опрокидывания вперед, вбок (боковая разгрузка) или через себя.

При транспортировании горной массы к месту ее разгрузки ковш 2 погрузчика поднят вверх (рис. 20.2а), а вначале загрузки перед зачерпыванием горной массы – опущен вниз (рис. 20.2б).

Основные технические данные одноковшовых фронтальных погрузчиков приведены в табл. 20.3.

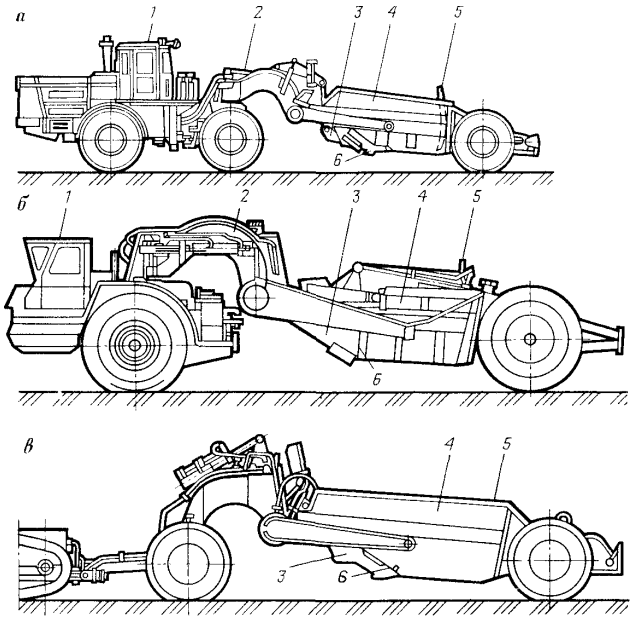


Рис.20.2. Скреперы:
а – полуприцепной; *б* – самоходный; *в* – прицепной

Гусеничные фронтальные погрузчики могут выполняться как с челюстным, так и с опрокидывающимся ковшом. Погрузчик с челюстным ковшом может также выполнять и бульдозерные работы. Погруз-

чик-бульдозер может иметь также сменный ковш для боковой разгрузки породы.

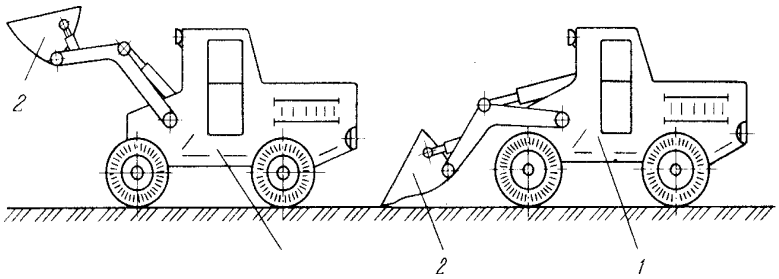


Рис.20.3. Одноковшовый фронтальный погрузчик

Таблица 20.2

Показатели	Прицепные		Полуприцепные		
	Д-111	ДЗ-20	ДЗ-79	ДЗ-87-1	ДЗ-74
Базовый трактор (тягач)	Т-130-1Г-1	Т-4АП-2	Т-330	Т-158	К-702
Мощность двигателя, кВт	95,2	117	246	121,5	198,5
Грузоподъемность, т	8,2	12,5	27	8,2	16
Вместимость ковша, $м^3$	4,5	7	15	4,5	8
Ширина/глубина резания, м	2,43/0,13	2,65/0,3	3,11/02	2,7/0,35	2,7/0,35
База скрепа, мм	4530	5510	8000	4530	6600
Дорожный просвет, мм	400	500	560	400	500
Габариты, мм	7400х х2930х х2200	8785х х3138х х2670	11600х х3560х х3600	10730х х2925х х2840	13600х х3078х х3380
Масса скрепа (сухая), т	4,4	7	12	4,4	9,5
Масса агрегата с трактором (эксплутационная), т	14,4	21,5	57	12,3	22

Показатель	Самоходные			
	ДЗ-11п	ДЗ-13	ДЗ-113	ДЗ-107-1
Базовый трактор (тягач)	МОАЗ-546П	БелАЗ-531	БелАЗ-531Б	Опытный
Мощность двигателя, кВт	158	265	2х265	2х407
Грузоподъемность, т	15	27	29	45
Вместимость ковша, $м^3$	8	15	15	25
Ширина/глубина резания, м	2,92/0,3	2,92/0,35	3,02/0,35	3,82/0,4

База скрепа, мм	6900	8200	8200	10800
Дорожный просвет, мм	450	600	600	750

Показатель	Самоходные			
	ДЗ-11п	ДЗ-13	ДЗ-113	ДЗ-107-1
Габариты, мм	11010х х3242х х3250	12800х х3400х х3600	13900х х3610х х3800	16150х х4430х х4300
Масса скрепа (сухая), т	10	17	-	-
Масса агрегата с трактором (эксплутационная), т	20	34	44,3	115

Таблица 20.3.

Показатель	Гусеничные			
	ТО-10А	ТО-24А	ТО-6А	ТО-18
Базовый трактор	Т-130.1Г	Т-330	Спецшасси	Спецшасси
Вместимость ковша, $м^3$	2	5	1	1,5
Грузоподъемная сила, кН	40	100	20	30
Высота разгрузки, мм	3200	3900	2700	2700
Ширина ковша, мм	2900	3724	2550	1046
Скорость движения, км/ч, не более	12,2	13,4	35	44
Габариты, мм	7500х х2900х х3087	8650х х3720х х3510	5790х х2335х х2900	7200х х2440х х3045
Эксплуатационная масса, т	21,5	53,0	7,1	10,6

Показатель	Колесные				
	ТО-25	ТО-11	ТО-8	ТО-13	ТО-21
Базовый трактор	Т-150К	К-702	МоАЗ-542	«Заура-лец»	Опытный тягач класса 250Кн
Вместимость ковша, $м^3$	1,5	2	3	5	7,5
Грузоподъемная сила, кН	30	40	50	100	150
Высота разгрузки, мм	2760	3200	2250	4100	4500
Ширина ковша, мм	1100	1225	1340	1720	1700

Скорость движения, км/ч, не более	37	40	40	47	47

Показатель	Колесные				
	ТО-25	ТО-11	ТО-8	ТО-13	ТО-21
Габариты, мм	7000х х2580х х3355	5330х 2800х 3535х	8330х х3150х х3200	10770х х3250х х4670	10900х х4400х х4670
Эксплуатационная масса, т	10,0	19,8	21,0	29,9	62,0

Наиболее мощный отечественный фронтальный погрузчик — это погрузчик ТО-21 с ковшом вместимостью 7,5 м^3 на самоходном пневмошинном шасси. Он может иметь сменные ковши различной вместимости, а также оснащаться другим навесным оборудованием (бульдозерным ножом, вильчатым захватом, грузоподъемной платформой, рыхлителем и др.).

Мощность дизельного двигателя 405 кВт. На машине установлены электрическая трансмиссия и мотор-колеса.

Комплексы машин непрерывного действия

Комплексная механизация открытых горных работ предусматривает механизацию основных и связанных с ними вспомогательных операций с полным устранением тяжелого физического труда на всех этапах производства. Производительность средств механизации выполнения вспомогательных операций должна при этом соответствовать производительности оборудования, выполняющего основные операции.

Комплекс – это технологически и кинематически связанная совокупность горных и транспортных машин, обеспечивающая максимальную производительность основной добычной или вскрышной машины и осуществляющая производственный процесс, в котором выполняются все операции, начиная от подготовки горных пород к выемке и заканчивая отвалообразованием.

Комплексная механизация и организация работ на карьерах развиваются на основе внедрения поточной технологии, а также совмещения или в некоторых случаях разделения производственных процессов.

Поточная технология легче всего осуществляется на основе применения машин непрерывного действия. Однако возможно достижение поточности и при использовании одноковшовых экскаваторов (экскаваторов цикличного действия), а также при рельсовом и автомобильном транспорте.

В этом случае комплект машин (буровые станки, зарядные машины, экскаватор, транспорт с отвалообразующими или перерабатывающими полезное ископаемое машинами), работающих ритмично по жесткой схеме, будет поточным, а технология – циклично-поточной (ЦПТ).

Структурные схемы комплексной механизации в общем случае составляются из звеньев, соответствующих процессам, выполняемым горными и транспортными машинами: подготовка пород к выемке; выемка и погрузка; отвалообразование и складирование; первичная обработка.

Основное влияние на структуру средств комплексной механизации оказывают горнотехнические условия и в первую очередь крепость пород. Последняя предопределяет наличие или отсутствие буровзрывного рыхления, эффективность применения оборудования непрерывного действия на выемочно-погрузочных работах, выбор вида транспорта и способа отвалообразования.

Классификация комплексов горнотранспортных машин, применяемых на открытых работах, разработанная акад. В.В. Ржевским, приведена в табл. 20.4.

При наличии выемочно-погрузочного оборудования комплексы называются выемочными или экскаваторными.

Таблица 20.4

Комплекс оборудования	Машины и оборудование для механизации		
	выемочно-погрузочных работ	транспортирования	отвалообразования и складирования
Выемочно-отвальный (ВО)	Роторные и цепные экскаваторы	Транспортно-отвальные мосты, конвейерные отвалообразователи	
Экскаваторо-отвальный (ЭО) скрепе-ро-отвальный (СО)	Вскрышные экскаваторы, скреперы	Вскрышные экскаваторы, скреперы, бульдозеры	
Выемочно-транспортно-отвальный (ВТО)	Роторные и цепные экскаваторы, гидроразмыв* Скальные комбайны, скребковые экскаваторы**	Конвейеры, гидротранспорт* Автомобильный и рельсовый транспорт**	Конвейерные отвалообразователи, гидроотвалы* Отвальные машины**

Комплекс оборудования	Машины и оборудование для механизации		
	выемочно-погрузочных работ	транспортирования	отвалообразования и складирования
Экскаваторо-транспортно-отвальный (ЭТО)	Карьерные одноковшовые экскаваторы	Конвейеры, гидротранспорт* Автомобильный и рельсовый транспорт**	Конвейерные отвалообразователи, гидроотвалы* Отвальные машины**
Выемочно-транспортно-разгрузочный (ВТР)	Роторные и цепные экскаваторы, гидроразмыв*. Скальные комбайны, скребковые экскаваторы**	Конвейеры, гидротранспорт* Автомобильный и рельсовый транспорт**	Комплект разгрузочно-приемного оборудования
Экскаваторо-транспортно-разгрузочный (ЭТР)	Карьерные одноковшовые экскаваторы	Конвейеры, гидротранспорт* Автомобильный и рельсовый транспорт**	Комплект разгрузочно-приемного оборудования

* Машины и оборудование для мягких пород.

** Машины и оборудование для скальных пород.

Комплексы могут быть: непрерывного действия, когда подготовку горной массы к экскавации, выемку, погрузку, перемещение и отвалообразование или переработку осуществляют машины непрерывного действия; дискретными, когда машины цикличного действия осуществляют строго ритмичную работу во всем потоке; смешанными, когда подготовку горных пород к выемке, выемку и погрузку выполняют машины цикличного действия, а перемещение горной массы — машины непрерывного действия, или наоборот.

При подборе машин для комплекса оборудования должны выполняться следующие требования:

- обеспечение максимальной поточности процесса производства горных работ с наименьшим числом перегрузочных пунктов и возможностью автоматизации процесса;
- соответствие производительности всех машин, входящих в состав комплекса, максимальной производительности ведущей машины, выполняющей основные процессы — выемку и погрузку пород;

➢полное использование времени смены при назначении режима комплекса машин, минимум затрат времени на перерывы в рабочих операциях и на маневры машин.

Для образования комплекса непрерывного действия в качестве основных машин используются роторные экскаваторы и ленточные конвейеры. В комплекс могут также входить различные дробильно-сортировочные и загрузочные устройства (самоходные дробильные агрегаты, погрузочно-дозировочные машины, самоходные бункеры и др.) и перегружатели.

Требования по безопасности эксплуатации машин комплексов. При комплексной механизации производственного процесса машинист экскаватора должен знать правила безопасной работы на всех машинах, входящих в состав комплекса, так как он ответственен за соблюдение правил техники безопасности и противопожарных правил всеми рабочими, обслуживающими экскаватор и транспортные средства.

Члены бригады, обслуживающие экскаватор, должны четко знать и строго выполнять правила и инструкции по технике безопасности, составленные применительно к конкретным условиям каждого карьера на основе положения Единых правил безопасности при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом.

Каждый экскаватор должен быть оборудован звуковой сигнализацией. Значение сигналов должно быть разъяснено всем рабочим, связанным с работой экскаватора.

Перед началом работы машинист обязан убедиться в отсутствии людей и посторонних предметов в радиусе действия рабочего оборудования, а также в кузове загружаемого транспортного средства и подать сигнал о начале работы. Во время работы ходовая часть экскаватора должна быть заторможена.

Во время работы экскаватора запрещается находиться в радиусе его действия, производить смазку, регулировку механизмов, очистку машины от грязи, сходить с экскаватора и подниматься на него. Очистку ковша от налипшей породы и замену зубьев на нем можно производить только на опущенном на почву ковше. При работе в темное время суток место работы экскаватора и подъездные пути для транспортных средств должны быть освещены.

Управлять выемочно-транспортирующими машинами (ВТМ) могут только лица, знающие их устройство, правила дорожного движения и имеющие удостоверение на право управления соответствующей ВТМ. Нельзя оставлять ВТМ с работающим двигателем. Перед выходом из

машины машинист обязан остановить ее на ровной площадке без продольных уклонов, заглушить двигатель и затормозить ручным тормозом.

Категорически запрещается осуществлять осмотры или вести монтажно-демонтажные, наладочные, регулировочные и ремонтные работы при работающем двигателе, подогревать двигатель в зимнее время открытым пламенем.

При работе в темное время суток трактор (тягач) и прицепная машина должны иметь передние фары для освещения пути и хвостовые сигналы. Для освещения скрепера при наполнении ковша на машине должна быть установлена задняя фара.

Лекция 21

СРЕДСТВА ГИДРОМЕХАНИЗАЦИИ ГОРНЫХ РАБОТ. ГИДРОМОНИТОРЫ

Способ механизации горных работ, при котором все или основная часть операций технологического процесса осуществляется за счет энергии движущегося потока воды, называется *гидромеханизацией.*

Впервые в Советском Союзе подземный гидравлический способ добычи угля был разработан и осуществлен советскими инженерами и учеными под руководством В.С. Мучника. Опытные работы по разрушению угля напорной струей воды и по транспортированию угольной гидросмеси проводились в 1936–1937 гг. на Урале. В послевоенные годы развернулись также работы по гидроразмыву и гидротранспортированию в отвалы вскрышных пород на карьерах.

Для гидравлической добычи угля применяются гидравлический, механо- и взрывогидравлический способы.

При гидравлическом способе вода высоконапорным насосом по водоводу подается к гидромонитору, из насадки которого выбрасывается струя воды под большим давлением (до 16 МПа), которая разрушает некрепкие уголь и породу. Размытые уголь или порода образуют вместе с водой гидросмесь. Она характеризуется консистенцией, под которой понимается соотношение твердой (т) и жидкой (ж) фаз в гидросмеси. Различают объемную консистенцию и массовую. Первая определяется отношением объема угля (породы) с естественной пористостью к объему воды и составляет обычно 1/4–1/10. Массовая консистенция характеризуется соотношением масс породы и воды.

Образовавшаяся гидросмесь транспортируется самотеком по желобам с уклоном не менее 0,03 (или по почве) к камере гидроподъема (зумпфу).

Гидроподъем угля из неглубоких шахт производится углесосами, а из глубоких (более 400 м) – эрлифтами. Затем по трубопроводам гидросмесь поступает на обогатительную фабрику. Отработанная вода из обогатительной фабрики поступает в систему отстойников, а из них – в резервуар осветленной технической воды. Благодаря этому вода используется многократно в замкнутом цикле.

На открытых горных работах гидросмесь из зумпфа перекачивается по трубам грунтонасосами (землесосами) к месту укладки – гидроотвалу.

При отстаивании в гидроотвале вода отделяется от породы, осветляется и подается к насосной станции для повторного использования.

Разрушение горной породы потоком воды, притекающим к всасывающей трубе, происходит и при разработке забоя плавучим землесосным снарядом (землесосом).

Основные преимущества гидромеханизации: высокая производительность труда; возможность попутного обогащения полезного ископаемого; относительная простота и малооперационность технологического процесса; отсутствие пылеобразования; низкая стоимость и малые размеры оборудования; основные недостатки гидромеханизации при подземном способе добычи: большой удельный расход электроэнергии; уменьшение производительности при наличии трудноразрушаемых пород; высокий удельный вес вспомогательных операций, а также повышенная влажность шахтного воздуха.

Механогидравлический способ предусматривает разрушение угля или некрепкой породы механическим способом (исполнительными органами механогидравлических комбайнов) , и смыв разрушенной горной массы из забоя водой, подводимой к комбайну, при давлении 3 МПа. Механогидравлический способ получил широкое распространение при выемке крепких углей, когда использовать гидромониторы невозможно или нецелесообразно. К этому способу можно отнести также выемку пород на открытых работах землесосными снарядами, снабженными рыхлителями.

Взрывогидравлический способ предусматривает разрушение полезного ископаемого или породы с применением буровзрывных работ, а транспортирование разрушенной горной массы – смывом водой под давлением.

Этот способ в настоящее время не получил широкого распространения и применяется иногда на подземных рудниках.

Гидромониторы

Гидромониторные струи разделяют на низко- (до 1 МПа), средне- (1–5 МПа), высоко- (5–50 МПа) и сверхвысоконапорные (более 50 МПа).

На открытых горных работах промышленное применение получили средненапорные струи с давлением 1,5–3 МПа, на гидрошахтах — высоконапорные струи с давлением 10–12 МПа.

В структуре струи, выходящей под напором из насадки ствола гидромонитора, различают три зоны и три участка (рис. 21.1). Первая зона – это наиболее плотная часть струи, ее ядро; вторая зона содержит пузырьки воздуха; третья – раздробленные струи и мелкие капли воды, движущиеся в воздушной среде.

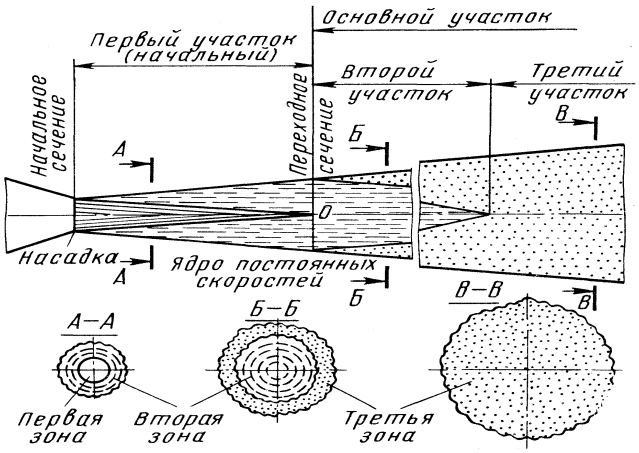


Рис. 21.1. Участки и зоны гидромониторной струи

В первом начальном участке струя воды плотная и компактная. В поперечном сечении имеются первая и вторая зоны. Длина первого участка равна длине ядра.

На втором (основном) участке струя становится уже несколько распыленной, давление постепенно уменьшается, в поперечном сечении

имеются вторая и третья зоны. В конце второго участка вторая зона исчезает.

На третьем участке струя становится увеличенной в диаметре, некомпактной. В струе имеется только третья зона, которая неэффективна для разрушения угля.

Обычно при работе гидромониторов используются первый и второй участки струи.

В гидромониторах, применяющихся на открытых горных работах, используются насадки диаметров от 52 до 220 мм. Диаметр выходного отверстия насадок гидромониторов, применяющихся на гидрошахтах для отбойки угля, составляет 15–35 мм, при гидросмыве – до 50 мм.

Насадка представляет собой фасонную трубку из стального литья с шлифованной внутренней поверхностью в форме конуса, переходящего плавно в цилиндр. К гидромониторам придается комплект насадок с разными диаметрами выходного отверстия.

Гидромониторы, представляющие собой устройства для формирования напорной струи и управления ее полетом с целью разрушения и смыва горных пород, выпускаются для открытых и подземных горных работ. По способу управления они могут быть с ручным, дистанционным и программным управлением, по способу перемещения — несамоходными и самоходными, имеющими гусеничные или шагающие органы перемещения.

На карьерах применяются несамоходные гидромониторы с ручным ГМН250С и дистанционным управлением ГМД250, ГМДУ250. Созданы также гидромониторы на шагающем ходу – ГМСШДЗОО и ГМСШД500 с дистанционным управлением.

Технические данные гидромониторов для открытых горных работ приведены в табл. 21.1.

Таблица 21.1

Параметры	ГМН250С 1	ГМД250	ГМДУ250 1	ГМСШДЗОО	ГМС-ШД500
Диаметр входного патрубка нижнего колена, мм	250	250	250	300	300
Диаметр насадок, мм	52-105	80-125	80-125	100-140	140-220
Длина ствола, мм	2285	2320	2235	5400 и 10000	18000

Рабочее давление у насадки, МПа	1,5	2,5	2,0	3,0	3,0
Расход воды, $м^3$/ч, не более	1600	2750	2340	4000	7000

Параметры	ГМН250С1	ГМД250	ГМДУ2501	ГМСШДЗОО	ГМСШД500
Угол поворота ствола, градус: в горизонтальной плоскости в вертикальной плоскости Габариты, мм	360 +27 3355x540x540	345 +30 4420x2190x2190	360 +35 4480x1250x1250	330 +35; -6 9690(14200)x3940x3940	330 +35;-2 20000x3940x3940
Способ передвижения	—	-	-	-	Шагающий
Масса,т	0,187	1,04	1,03	24	29

Гидромониторная установка ГМД250 с дистанционным гидравлическим управлением (рис. 21.2) состоит из гидромонитора ГМД250, насосной станции 10 системы дистанционного управления, переносного пульта управления 8 и кабины 9.

Основные части гидромонитора ГМД250: ствол 2, с успокоителем 3 насадка 1, нижнее 12 и верхнее 5 колена, шарниры 13 и 4 для поворота ствола гидромонитора соответственно в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Нижнее колено 12 с помощью фланца присоединяется к трубопроводу (водоводу). Ствол в горизонтальной и вертикальной плоскостях поворачивается гидроцилиндрами 11 и 15.

Источником энергии для питания насоса гидросистемы дистанционного управления служит энергия напора воды в водоводе, вращающая приводную турбину насоса.

Пульт управления 8 связан с гидроприводом рукавами высокого давления 7. Шарнир горизонтального поворота 13 снабжен гидрозамком 6, обеспечивающим стопорение обоймы шарнира относительно кольца, установленного на нижнем неповоротном колене. Гидромонитор монтируется на салазках 14.

На гидромониторах ГМДУ250 применена электрогидравлическая система дистанционного управления с пульта, установленного на расстоянии до 30 м.

Гидромониторы на шагающем ходу типа ГМСШД имеют дистанционное управление и предназначаются для разработки связных глинистых пород вскрыши. Движение ствола в горизонтальной и вертикальной плоскостях производится с помощью гидроцилиндров. Во время работы ствол автоматически покачивается в горизонтальной плоскости, что повышает эффективность размыва пород.

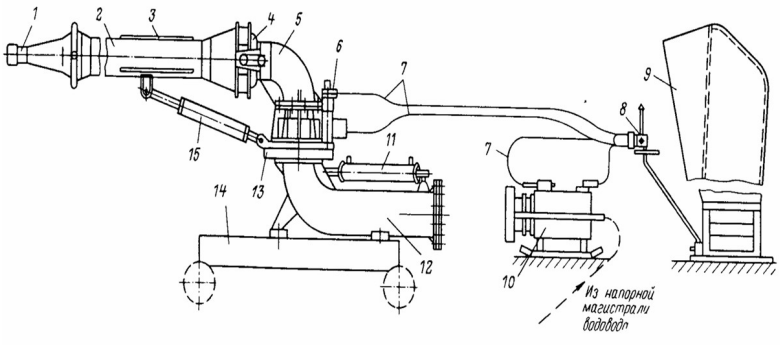


Рис. 21.2. Гидромониторная установка ГМД250
с дистанционным гидравлическим управлением

Шагающее ходовое оборудование состоит из гидроцилиндров подъема, перемещения, поворота, а также из двух лыж. База и сам гидромонитор во время шагания сохраняют горизонтальное положение.

Самоходные гидромониторы предназначены для работы в комплекте – один гидромонитор и один землесос.

Самоходные шагающие гидромониторы имеют большие габариты и массу, чем несамоходные, что является их существенным недостатком. Кроме того, самоходные гидромониторы недостаточно мобильны из-за наличия жестких телескопических связей с напорным водоводом.

Поэтому самоходные гидромониторы пока еще не выпускаются промышленностью серийно.

На гидрошахтах, где используются высконапорные струи (5-50 МПа), гидромониторы с ручным управлением не применяются, так как в соответствии с правилами безопасности их можно применять при давлении воды не более 3 МПа.

На гидрошахтах широко используются гидромониторы с дистанционным управлением следующих марок: ГМДЦ-3М, 12ГД-2, ГМДЦ-4.

Гидромониторы ГМДЦ-3М (рис. 21.3) предназначены для гидроотбойки угля в очистных и подготовительных забоях при разработке пластов мощностью более 0,8 м с углом падения более 6°.

Основание гидромонитора представляет собой салазки 10, на которых закреплена труба 77 напорного водовода диаметром 100 мм для подвода к стволу гидромонитора воды под давлением 12 МПа. На вертикальном *участке* 9 подводящей трубы установлена головка с крестовиной 15, которая дает возможность поворачиваться стволу 2 в горизонтальной плоскости.

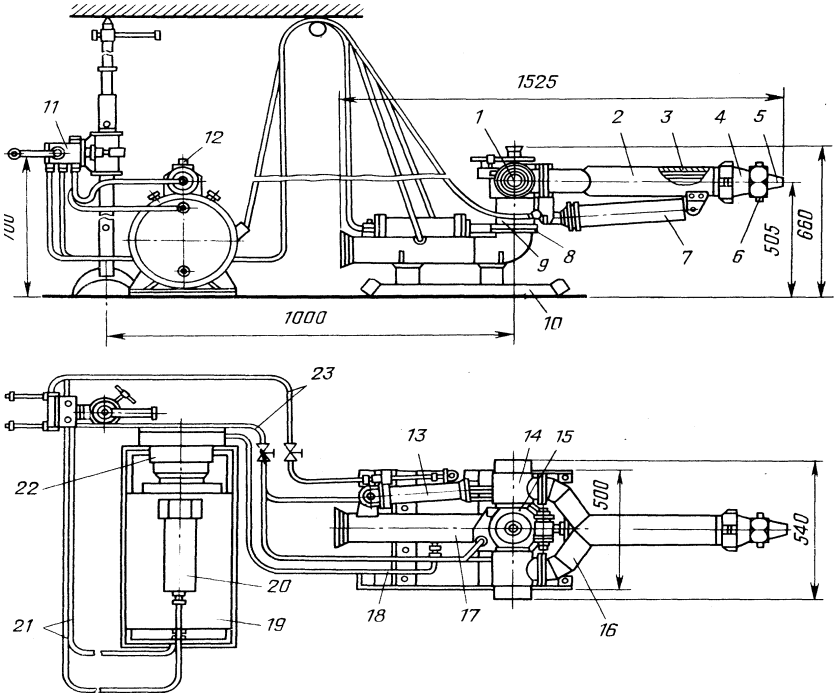


Рис.21.3. Гидромонитор для гидрошахт ГМДЦ-3М
с дистанционным управлением

Поворотная головка имеет две полые цапфы 7, вокруг которых могут вращаться бобышки 14 и осуществлять поворот ствола 2 в вертикальной плоскости. К поворотным бобышкам 14 прикреплены два обводных канала 16 для подвода воды к стволу 2 гидромонитора. В стволе имеется гидравлический сотовый успокоитель 3, который продольными ребрами разделяет поток воды на несколько параллельных потоков

меньшего сечения. Это способствует формированию компактной водяной струи. Насадка 5 крепится к конусной части 4 ствола 2 накидной гайкой 6.

Ствол гидромонитора с помощью гидродомкрата 13 и зубчатого сектора 8 может поворачиваться в горизонтальной плоскости на угол 260°. Гидродомкратом 7 ствол 2 поворачивается вверх на 80° и вниз на 20°.

Маслостанция для дистанционного управления состоит из насоса 12 с приводом от гидравлической турбины 22, масляного бака 19, фильтра 20 и контрольно-измерительной аппаратуры. Турбина приводится в действие напорной водой, которая подается по напорному рукаву 18 от гидромонитора. Рукава 21 (напорный и сливной) соединяют маслостанцию с пультом дистанционного управления 11, закрепленном на винтовой стойке в 8–10 м от забоя. Рукава 23 соединяют маслостанцию с гидродомкратами 13 и 7 поворота ствола гидромонитора.

Расход воды при работе гидромонитора составляет до 150 $м^3$/ч. Масса гидромонитора 170 кг, габариты: длина 1650 мм, ширина 450 мм, высота 650 мм. Общая масса комплекта 366 кг. Набор насадок имеет диаметры: 16, 18, 20, 22 и 25 мм.

Гидромонитор 12ГД-2 имеет большие по сравнению с гидромонитором ГМДЦ-3М диаметры насадок (25, 28, 30 мм), больший расход воды – около 400 $м^3$ /ч – и соответственно большие габариты и общую массу комплекта (с оборудованием дистанционного управления) 500 кг.

Гидромонитор ГМДЦ-4 с повышенным рабочим давлением до 16 МПа и расходом воды 180 $м^3$/ч предназначен для разрушения струей воды более крепких углей.

Самоходные гидромониторы 12ГП-2 и 12ГП-5 на гусеничном ходу рассчитаны на давление 12 МПа и расход воды до 400 *$м^3$/ч.* Система дистанционного управления гидромонитора 12ГП-2 позволяет осуществлять автоматическое качание ствола в вертикальной и горизонтальной плоскостях, дистанционное изменение углов, положения оси и скорости качания ствола.

Производительность гидромониторов для гидрошахт составляет от 30–60 т/ч для углей средней крепости, до 50–100 т/ч для некрепких углей.

Требования безопасности при работе на гидромониторах. К работам на гидромониторах допускаются лица, получившие соответствующую подготовку и удостоверение, выданное квалификационной комиссией.

При работе на гидромониторах необходимо соблюдать следующие правила безопасности:

- проводить работы по гидроотбойке с разрешения горного мастера или другого лица технического надзора, имеющего на это право;
- при давлении воды свыше 3 МПа применять гидромониторы только с дистанционным управлением;
- на открытых горных работах не допускается установка гидромониторов с ручным управлением на расстоянии от забоя, составляющем менее 0,8 высоты размываемого уступа;
- устанавливать гидромонитор вдоль откосов и неукрепленных вертикальных стенок в пределах призмы обрушения породы;
- при подземных горных работах гидромониторщику следует находиться в надежно закрепленном безопасном месте и работать только при исправном оборудовании и хорошем освещении;
- не допускать одновременного двустороннего размыва заходки встречными струями двух гидромониторов, установленных в соседних печах;
- для исключения несчастных случаев, вызванных разрывами гидромониторов, запорной арматуры и трубопроводов, не допускать превышения давления, установленного инструкцией по эксплуатации;
- запрещается работать на гидромониторе с неисправным манометром или без него;
- при отсутствии воды в напорном трубопроводе необходимо плавно закрыть задвижку, выяснить причину отсутствия воды и после устранения неполадок или отказов получить разрешение на дальнейшее выполнение работ;
- ремонт и подготовку высоконапорного водовода к работе производить при закрытой задвижке;
- по окончании работы выключать все оборудование.

Лекция 22

МЕХАНОГИДРАВЛИЧЕСКИЕ МАШИНЫ. ДРАГИ

На гидрошахтах для проведения подготовительных выработок, осуществления нарезных и очистных работ короткими забоями на пластах средней мощности с углами падения до 15° применяется комбайн

со стреловидным исполнительным органом К56МГ с транспортированием горной массы водой.

Производительность комбайна 2,25 т/мин, расход воды 100–150 $м^3$/ч, давление воды 1–1,15 МПа. Комбайн проходит выработки высотой 1,9–2,5 м, шириной 2-3,4 м; мощность разрабатываемых пластов 1,8–2,5 м; масса комбайна – 12,7 т.

Комбайн может работать по углям с сопротивляемостью резанию до 250 кН/м и присекать породы с коэффициентом крепости $f \leq 4$ до 30% от площади забоя и абразивностью до 5 мг. Размеры выработки вчерне – 4–8,5 $м^2$.

Комбайн К56МГ состоит из исполнительного органа, ходовой части, поворотной платформы, гидросистемы и электрооборудования.

Принципиальная конструктивная схема комбайна аналогична конструктивным схемам проходческих комбайнов со стреловидным исполнительным органом. Но у комбайна К56МГ отсутствуют погрузочный орган 12, скребковый конвейер 7, домкраты 13, аутригеры 9. Стрела *3* не имеет телескопичности.

Для дистанционного управления ходом комбайна, его исполнительным органом и вспомогательными механизмами применяется аппаратура дистанционного управления ПДУ. Применение переносного пульта для дистанционного управления комбайном позволяет находиться машинисту в безопасном закрепленном пространстве на расстоянии 8–12 м от комбайна (в пределах видимости).

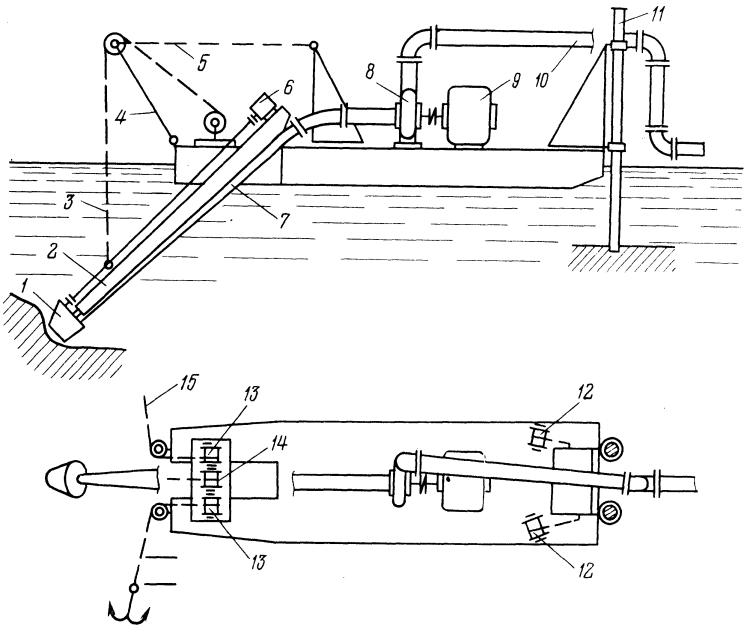


Рис. 22.1. Схема плавучего землесосного снаряда

Выпускается для гидрошахт также комбайн «Урал 38», который предназначен для проведения нарезных выработок и очистной механо-гидравлической выемки угля на пластах мощностью от 0,9 до 1,8 м.

Исполнительный орган комбайна — избирательного действия в виде конусной коронки. Поворот стрелы в вертикальной плоскости осуществляется двумя гидродомкратами, поворот стрелы в горизонтальной плоскости производится вместе с платформой также двумя гидродомкратами.

Двухгусеничная ходовая тележка имеет, как и у комбайна К56МГ, индивидуальный электропривод каждой гусеницы.

Вода для гидросмыва отбитого угля и гидротранспортирования его самотеком по почве пласта подводится к коронке стрелы под давлением до 3 МПа.

Производительность комбайна до 2 т/мин. Комбайн может проходить выработки с площадью сечения от 1,6 до 5,4 м^2 по углю с сопротивляемостью резанию до 200 кН/м с углом наклона до 15°. Расход воды

на гидротранспортирование 150–300 м^3/ч. Масса комбайна 9,8 т. Комбайн снабжен пультом дистанционного управления.

Для подводной разработки пород гидравлическим способом применяются землесосные снаряды – плавучие землесосно-транспортирующие машины непрерывного действия.

Плавучий землесосный снаряд представляет собой судно с надстройкой (рис. 22.1), имеющее рыхлитель 7; раму рыхлителя 2; полиспаст 3 подвески рамы рыхлителя; укосину 4 с подвеской 5; двигатель 6 рыхлителя; всасывающий патрубок 7; грунтовый насос 5; двигатель 9 грунтового насоса; напорный трубопровод 10*;* свайный аппарат 11*;* свае-подъемные лебедки 12; лебедки поворота 13*;* лебедку 14 подъема рамы рыхлителя 2; якорные канаты 15.

Силовое оборудование землесосных снарядов может быть электрическим и дизельным.

По производительности Q *(м^3/ч)* земснаряды делятся на три группы: малой мощности $Q \leq 100$ *м^3/ч,* средней $Q = 100 \div 500$ *м^3/ч,* большой мощности $Q \geq 500$ *м^3/ч.*

Грунтовые насосы земснарядов имеют ограниченную высоту всасывания. Поэтому при увеличении глубины разработки используются погружные грунтовые насосы, электродвигатели которых располагаются в герметичном корпусе или остаются на поверхности воды. В последнем случае электродвигатели с насосами соединяются длинными валами с карданными шарнирами.

Технические данные плавучих землесосных снарядов, выпускаемых отечественной промышленностью, приведены в табл. 22.1.

Порода грунтонасосами разрушается за счет энергии потока воды, засасываемой насосом. Необходимая скорость для песка составляет 0,35–0,7 м/с, для гравия – более 2,5 м/с.

Для разработки пород с каменистыми включениями используют фрезерные рыхлители.

Таблица 22.1

Параметры	180-60	200-50БР	300-4АИ	300-50ТМ	300-40УП	500-60МА
Производительность, м^3/ч, не более	200	250	420	420	420	650
Глубина разработки, м, не более	10	8	11	15	6	15

Установленная мощность двига телей, кВт	900	830	2029	2550	2300	3450
Осадка в рабочем состоянии, м	0,86	0,93	1,1	1,57	1,5	1,64
Масса земснаря-да без плавучего трубопровода, т	150	145	290	480	385	510

Для удержания земснаряда на рабочем месте и осуществления его рабочих перемещений служит свайный аппарат, лебедки поворота и канаты с якорями, с помощью которых производятся веерообразные перемещения всасывающего устройства и поступательное движение земснаряда. Лебедки поворота одновременно служат для осуществления непрерывного контакта всасывающего устройства с разрушаемым массивом и создания давления для разрушения породы фрезерным рыхлителем.

Драги

Драгой называют плавучую горную машину для разработки россыпных рудных месторождений и отделения металла от пустой породы.

Драги могут быть континентальными (для разработки материковых месторождений) и морскими (для разработки месторождений прибрежной зоны и в глубинной части акватории крупных озер, морей и океанов).

По возможной глубине черпания (ниже уровня воды) драги могут быть малой глубины черпания (до 6 м), средней (до 18 м), глубокой (до 50 м) и сверхглубокой (более 50 м).

Широкое распространение получили многочерпаковые драги (рис. 22.2), состоящие из рабочего, обогатительного, сортировочного и отвалообразующего оборудования, понтона, металлоконструкций, механизмов передвижения.

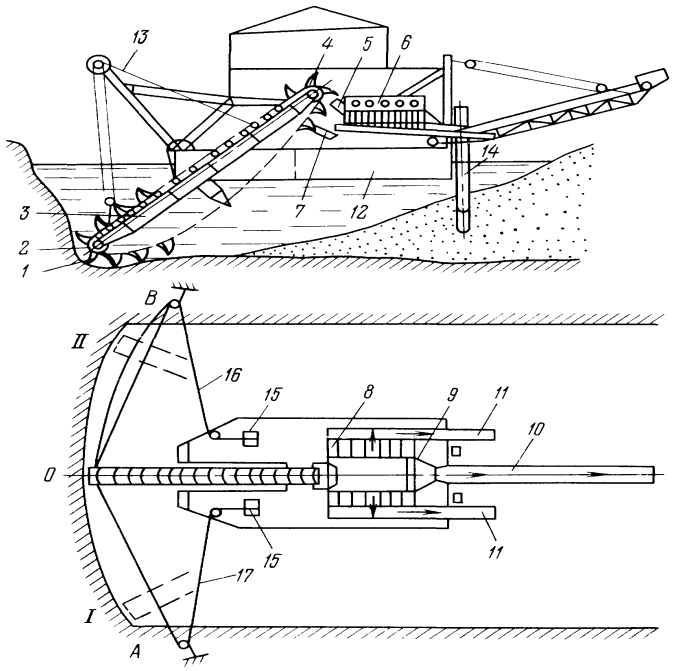


Рис. 22.2. Схема многочерпаковой драги

Черпаковая рама 3 представляет собой массивную стальную балку. Черпаки 1 зачерпывают песок при огибании нижнего барабана 2, затем, пройдя по черпаковой раме 3, разгружаются при обходе приводного барабана 4. Песок попадает через завалочный люк 5 в бочку (бутару) 6, которая представляет собой стальной цилиндр с перфорированными стенками. Мелкие фракции песка (эфели) проваливаются через отверстия вниз и попадают на поперечные шлюзы 8. Крупные фракции (гали) через галечный лоток 9 выводятся из бочки, попадают на ленточный конвейер 10 и далее направляются в отвал. Мелкие фракции (эфели) проходят через обогатительные шлюзы, где от породы отделяется металл, и по хвостовым эфельным колодам 11 стекают в отвал.

Часть песка, выгружаемого из черпаков в завалочный люк 5, просыпается в зазор между черпаками и загрузочным люком и попадает на подчерпаковый уловитель 7.

Все оборудование драги смонтировано на понтоне 12. Черпаковая рама на канатах 13 подвешена к передней мачте, отвальный конвейер – к задней.

Драга во время работы маневрирует при помощи двух свай 14 и лебедок 15. Правая лебедка, навивая канат 16, поворачивает драгу относительно опущенной правой сваи из положения I в положение II. Левая свая при этом поднята, а черпаковая цепь обрабатывает забой по дуге *А 0В*.

В положении II черпаковой цепи опускается левая свая и поднимается правая. С помощью лебедки 0,15 и каната 17 драга поворачивается в обратном направлении вокруг левой сваи. При этом происходит не только поворот, но и перемещение драги вперед (подшагивание) и обработка нового участка забоя.

Технические данные многочерпаковых электрических драг с канатно-свайным механизмом маневрирования приведены в табл. 22.2.

Таблица 22.2.

Параметры	80Д	150Д	250ДС	600Д	ОМ-431	ОМ-417
Вместимость черпака, л	80	150	250	600	380	400
Число черпаний в минуту	32	30	35	35	22	28
Производительность драги, м3/ч	100	180	350	550	400	450
Глубина черпания, м, не более	6	9	12	50	30	17
Подводная высота забоя, м	1	2	3	10	4	1
Установленная мощность двигателей, кВт	392	800	1870	7300	2110	2494
Мощность привода черпаковой цепи, кВт	60	110	Н.д.	920	400	500
Средняя осадка понтона, м	1,7	1,8	2,5	3,7	2,7	2,5
Среднее водоизмещение драги, т	420	990	2105	10854	3480	3750
Конструктивная масса драги, т	390	912	1950	10331	3252	2815

По вместимости черпака драги могут быть мало- (до 100 л), средне- (100–250 л) и крупнолитражными (свыше 250 л).

Производительность драги по породе рассчитывается так же, как и производительность многоковшового экскаватора. Производительность по полезному ископаемому зависит от его процентного содержания в породе и коэффициента извлечения.

Общая численность обслуживающего персонала больших драг составляет 55–65 человек при работе в три смены.

Лекция 23

ГОРНОТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ И КЛАССИФИКАЦИЯ

Машины, предназначенные для транспортирования на горных предприятиях полезных ископаемых, породы к местам их переработки или складирования (основные грузы), взрывчатых веществ, горюче-смазочных материалов, оборудования, запасных частей и др. (вспомогательные грузы) называют горнотранспортными машинами.

По принципу действия они могут быть непрерывного и периодического действия.

К транспортным машинам непрерывного действия относят главным образом конвейеры всех типов, а также гидро- и пневмотранспортные установки. Локомотивы с составом вагонов, самоходные вагоны, автосамосвалы, монорельсовые и канатные дороги и другие машины, которые транспортируют груз отдельными порциями и требуют для загрузки и разгрузки остановки или снижения скорости движения, называют машинами периодического (цикличного) действия.

По способу перемещения груза различают простейшие транспортирующие устройства, основанные на использовании сил гравитации (наклонные желоба, спиральные угле- и рудоспуски), а также машины и установки, которые перемещают груз: по почве или желобом принудительным волочением (скреперы, скребковые конвейеры); на подвижных грузонесущих элементах (вагоны, ленточные и пластинчатые конвейеры, ковши погрузочно-транспортных машин и др.); на качающихся или вибрирующих желобах силами инерции; по трубам и желобам в водной среде или по трубам в воздушной среде (гидро- и пневмотранспортные установки).

Оборудование и механизмы, обеспечивающие работу различных транспортных машин: бункеры, питатели, затворы, толкатели, вагоноопрокидыватели относят к вспомогательным транспортным устройствам и машинам.

При подземной разработке полезных ископаемых используют гравитационные транспортные устройства, скребковые и ленточные конвейеры, локомотивные составы, самоходные вагоны, гидро- и пневмотранспортные установки, а на рудниках также скреперы и автосамосвалы; на открытых разработках – локомотивные составы, большегрузные автосамосвалы, ленточные конвейеры и гидротранспортные установки.

Для транспортирования людей и вспомогательных грузов используют канатную откатку, подвесные монорельсовые, напольные и канатные дороги, самоходные машины.

Основные транспортируемые грузы – полезное ископаемое и вскрышные породы – относятся к насыпным.

Насыпные грузы характеризуются плотностью, коэффициентом разрыхления, крупностью, углом естественного откоса.

Плотность измеряется отношением массы груза к занимаемому объему. Отношение плотности γ' (т/м^3) горной массы в целике к ее плотности γ (т/м^3) в разрыхленном состоянии называют коэффициентом разрыхления,

$$k_p = \gamma' / \gamma.$$

Крупность насыпного груза характеризуют кусковатостью, или гранулометрическим составом. Кусковатость, или гранулометрический состав, – это количественное соотношение содержания кусков различной крупности в горной массе. По гранулометрическому составу различают рядовые грузы, у которых $a_{max}/a_{min} > 2{,}5$, где a_{min}(мм) – размер наименьшего куска в массе груза, и сортированные, для которых характерно соотношение:

$$a_{max}/a_{min} \leq 2{,}5$$

Наряду с этим по крупности насыпные грузы подразделяют на крупнокусковые при кусках размером более 160 мм; среднекусковые – 60÷160 мм; мелкокусковые – 10÷60 мм; зернистые – 0,5÷10 мм; порошкообразные с размером частиц 0,05÷0,5 мм и пылевидные – менее 0,05 мм.

Для руды принята другая градация кусковатости: очень крупная руда – более 600 мм; крупная – 300÷600 мм; средней крупности – 100÷300 мм; рудная мелочь – менее 100 мм.

Угол естественного откоса насыпного груза определяется углом наклона боковой поверхности к основанию конуса, образуемого при свободной насыпке груза на горизонтальную поверхность.

Различают угол естественного откоса p' – в покое и p – в движении на транспортной машине. Из-за вибрации, возникающей при движении машины, материал начинает рассыпаться до тех пор, пока силы внешнего воздействия не будут уравновешены силами трения между частицами груза. Угол естественного откоса в движении p для большинства насыпных грузов составляет 0,5–0,7 угла естественного откоса в покое p'

$$p = (0{,}5 \div 0{,}7)\, p'. \qquad (23.1)$$

В табл. 23.1 приведены характеристики некоторых насыпных грузов.

Таблица 23.1.

Грузы	Насыпная плотность γ, т/м^3	Угол естественного откоса в покое, ρ', градус	Коэффициент разрыхления, $k_р$
Антрацит мелкий, сухой	0,80-0,95	45	1,4
Уголь каменный	0,65-0,80	30 -45	1,4
Уголь бурый	0,85-1,00	27 - 30	1,3
Кокс	0,48-0,53	35 -50	1,3
Руда железная	2,1-3,0	30 -50	1,4
Руда марганцевая	1,25-1,28	40	1,3
Известняк	1,2-1,5	40-45	1,3
Глина	1,6	32-35	1,2
Песок	1,9	30	1,1
Скальные породы	1,8-2,0	40-45	1,6

При выборе транспортных средств для эксплуатации на конкретном горном предприятии следует также учитывать абразивность груза – свойство горной массы истирать контактирующие с ней поверхности транспортных машин, влажность – содержание воды в грузе, влагоемкость – склонность поглощать воду, что вызывает слеживаемость и смерзаемость, склонность к самовозгоранию, липкость, склонность к образованию сводов над выпускными отверстиями бункеров и рудоспусков.

Производительностью (т/ч или м^3/ч) транспортной машины называют отношение количества груза ко времени его прохождения через любое неподвижное сечение грузонесущего органа (конвейерной ленты, вагонетки и т.д.).

Различают теоретическую, техническую и эксплуатационную производительность.

Теоретическую производительность определяют при условии максимального заполнения теоретического объема транспортирующего органа машины и без учета возможных пауз в работе.

Техническая производительность меньше теоретической. Она зависит от степени заполнения теоретического объема транспортирующего органа, а также от кусковатости груза, технических и технологических условий загрузки и угла установки машины. Для машины периодического действия учитывают также затраты времени на движение порожняком, маневровые и погрузочно-разгрузочные операции.

Техническая производительность указывается в заводском паспорте машины.

Техническая производительность машин непрерывного действия

$$Q=3{,}6m_{гр}v \;\; и \;\; V=3600Fv\,, \qquad (23.2)$$

где $Q,$ – производительность по массе, т/ч; V – производительность по объему, м^3/ч: $m_{гр}$ – линейная плотность груза на ленте, кг/м; v – скорость движения ленты, м/с. Между этими производительностями существует соотношение $Q, = V\gamma$. Техническая производительность транспортных машин цикличного действия

$$Q = \frac{60G}{\dfrac{l_r}{v_{г.ср.}} + \dfrac{l_n}{v_{п.ср}} + t_n + t_n + t_n}\,, \qquad (23.3)$$

где G – грузоподъемность машины или состава вагонов, т; $l_г$, $l_п$ – длина трассы в грузовом и порожняковом направлениях, м; $v_{п.ср.}$ – средние скорости движения транспортной машины с грузом и порожняком, м/мин; $t_п$, $t_р$, $t_м$ – время погрузки, разгрузки и маневров, мин.

Эксплуатационная производительность, как правило, меньше технической и определяется степенью совершенства организации горных работ и работы транспорта. Она отражает также неравномерность грузопотоков.

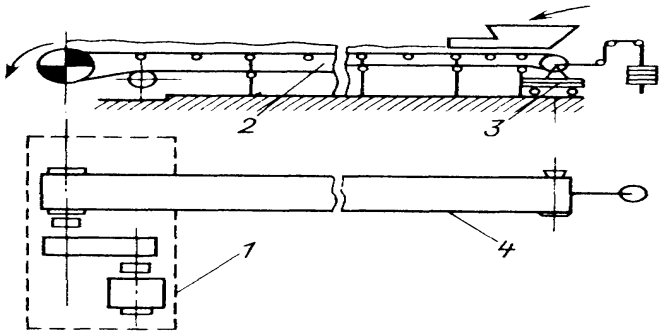
Лекция 24

КОНВЕЙЕРНЫЙ ТРАНСПОРТ

На горных предприятиях применяют следующие виды конвейеров: ленточные, ленточно-канатные, скребковые, пластинчатые.

Ленточные конвейеры перемещают насыпные грузы на конвейерной ленте, движущейся по стационарным роликоопорам. Лента приводится в движение одним или несколькими приводными барабанами, связанными через редуктор с двигателями.

Ленточный конвейер (рис. 24.1) состоит из приводного устройства 7, роликового става 2 и натяжного устройства 3. Конвейерная лента 4 служит одновременно тяговым и грузонесущим органом. Ленточные конвейеры оборудуют вспомогательными приспособлениями, к которым относятся очистные и загрузочные устройства. Все конвейеры снабжены аппаратурой управления приводом, а наклонные – устройствами, улавливающими ленту при обрыве (ловителями).



24.1 Схема ленточного конвейера

Конвейерные ленты выпускают с тканевой основой и с основой из стальных тросов.

Конвейерные ленты с тканевой основой состоят из каркаса, воспринимающего основные нагрузки на ленту, и обкладок, защищающих каркас от механических повреждений. Каркас представляет собой многослойную конструкцию, состоящую из нескольких слоев тканевых прокладок, связанных между собой тонкими резиновыми прослойками (сквиджами) толщиной 0,2–0,3 мм. Тканевые прокладки делаются из капрона, лавсана, анида, иногда из комбинированных тканей, сотканных из синтетических и хлопчатобумажных нитей.

Обкладки выполняют из резины или поливинилхлорида. Толщина верхней обкладки (на которой лежит груз) больше, чем нижней. Прочность тканевых конвейерных лент характеризуют разрывным усилием δ (Н/мм) одной прокладки, отнесенным к 1 мм ее ширины. Разрывное усилие (Н) ленты $S_p = Bi\sigma$, где B - ширина ленты, мм; i – число прокладок.

Максимальное рабочее натяжение (Н) ленты

$$S_{\max} = S_p / m = Bi\sigma / m \ , \qquad (24.1)$$

где $m = 7 \div 10$ – запас прочности (большие значения принимают для наклонных конвейеров).

В табл. 24.2 приведены технические данные наиболее распространенных в горной промышленности конвейерных лент с тканевой основой.

Таблица 24.2

Лента	Прокладка	Толщина обкладки, мм		Число прокладок	Разрывное усилие, отнесенное к 1 мм ширины прокладки, Н	Масса, кг/м^2
		верхней	нижней			
БКНЛ-65	Лавсан	3	1,5	4–10	65	10–12
БКНЛ-100	Лавсан	3	1,5	3–8	100	10,5–12,5
ТА-100	Анид	4,5–6	2	3–8	100	10–12
ТК-100	Капрон	4,5–6	2	3–8	100	10,5–12,5
ТА-300	Анид	4,5–6	2	4–10	300	10–11
ТК-300	Капрон	4,5	2	4–10	300	10–12,5
ТА-400	Анид	4,5–6	2	4–8	400	11–13
ТК-400	Капрон	4,5–6	2	4–8	400	10–14

Мощные конвейеры оборудуют конвейерными лентами с основой из тросов. Каркас этих лент состоит из одного слоя стальных тросов диаметром 2,5-10 мм. Резиновые обкладки служат для защиты тросов от механических повреждений и коррозии. Запас прочности на растяжение резинотросовых лент 6,5-8,5.

В табл. 24.3 приведены параметры резинотросовых конвейерных лент.

Таблица 24.3

Лента	Разрывное усилие (Н), отнесенное к 1 мм	Ширина ленты, мм	Толщина резиновых обкладок, мм		Масса 1 м^2 ленты, кг
			рабочей	нерабочей	
РТЛ 500	500	800	4,5	2,5	20,5
РТЛ 1000	1000	800–1000	4	4	25
РТЛ 1500	1500	800–1200	5,5	5,5	29
РТЛ 2500	2500	1000–2000	5	5	37
РТЛ 3150	3150	1200–2400	4,5	4,5	43
РТЛ 5000	5000	1200–2400	4,5	4,5	59

Роликовый став ленточного конвейера предназначен для поддержания грузовой и порожняковой ветвей конвейерной ленты и для направления ее движения. Роликовый став представляет собой металлоконструкцию, на которой устанавливают роликоопоры. Иногда роликоопоры, поддерживающие грузовую ветвь ленты, прикрепляют к двум параллельно натянутым стальным канатам, которые поддерживаются специальными опорами.

Роликоопоры собирают из отдельных роликов. Роликоопоры для грузовой ветви (обычно трехроликовые) состоят из планок и кронштейнов, на которых закреплены ролики. Такие роликоопоры называют жесткими в отличие от гибких, навешиваемых на параллельно натянутые канаты. Внутренние концы осей роликов гибких роликоопор соединяют шарнирами или угольниками, внешние – при помощи крючьев или специальных зажимов закрепляют на канатах.

Для порожняковой ветви применяют одно- или двухроликовые опоры. Закрепляют их на ставе при помощи специальных кронштейнов.

Приводное устройство предназначено для приведения ленты в движение и передачи тягового усилия. Приводное устройство состоит из рамы, на которой монтируются приводные и отклоняющие барабаны. Валы приводных барабанов через редуктор и эластичные муфты соединяют с электродвигателями. Приводы стационарных конвейеров устанавливают на фундаментах, приводы передвижных конвейеров – на понтоне, на рельсовом или гусеничном ходу. Приводные устройства снабжают тормозом.

Натяжные устройства служат для натяжения конвейерной ленты, чтобы не допустить чрезмерного провеса ее между роликоопорами. Натяжные устройства бывают грузового, винтового или лебедочного типа.

Очистные устройства служат для удаления с конвейерной ленты остатков налипшего груза после разгрузки конвейера. Они выполняются в виде различного вида скребков и щеток.

Возможные скорости движения конвейерной ленты v (м/с) приведены в табл. 24.4.

Таблица 24.4.

Объемная производительность конвейера, V, м^3/с	Скорость ленты, v м/с, при транспортировании грузов	
	рыхлых и скальных	скальных
400–800	1,6; 2; 2,5	1,6; 2
1000–2500	2,5;3,15	2; 2,5
2500–5000	3,15; 4,5	2,5; 3,15
5000–8000	4,15;5,3	3,15
8000–12000	4,15; 6,3	3,15; 4,5

12000 и более	6,3	4,5

Для конвейеров, используемых на горных предприятиях, принят следующий ряд лент по ширине: 800; 1000; 1200; 1400; 1600; 1800; 2000; 2500; 3000 мм.

На приводном барабане конвейера во избежание пробуксовки ленты должно выполняться условие

$$S_{нб}/S_{сб}<e^{\mu\acute{a}}, \qquad (24.2)$$

где $S_{нб}$ и $S_{сб}$ – натяжение набегающей на приводной барабан и сбегающей ветвей конвейерной ленты μ – коэффициент трения между лентой и барабаном; $\acute{a}$ – угол обхвата лентой барабана, рад.

Величину $e^{\mu\acute{a}}$ принято называть тяговым фактором привода ленточного конвейера. В табл. 24.5 приведены значения тягового фактора при различных μ и $\acute{a}$, а также схемы обводки лентой приводных барабанов.

Таблица 24.5

Тип футеровки		Коэффициент μ
Стальная или чугунная поверхность барабана	Сухие	0,2
	Влажные	0,15
Деревянная дубовая обшивка	Сухие	0,25
	Влажные	0,2
Резиновая футеровка гладкая	Сухие	0,3
	Влажные	0,25
Резиновая футеровка ребристая	Сухие	0,4
	Влажные	0,35

Значения коэффициента μ сцепления определяются видом футеровки. Опытом установлены следующие значения коэффициента при взаимодействии с конвейерными лентами, имеющими резиновые обкладки.

Ленточные конвейеры применяют преимущественно при подземной добыче полезных ископаемых. Они имеют производительность от 270 до 2300 т/ч при скорости ленты 1,6÷3,15 м/с.

Для подземных конвейеров приняты буквенные обозначения:

Л – ленточный; У – уклонный, Б – бремсберговый, ЛЛ – ленточный людской, К – короткий, Т – телескопический, Н – крутонаклонный.

Конвейеры 1Л80, 2Л80, 1ЛТ80, 2ЛТ80, 1ЛТ100 предназначены для выработок с углом наклона от -3 до +6°, непосредственно примыкающих к очистным забоям. Эти конвейеры имеют быстроразборный став с подвесными роликоопорами для ленты. Телескопические конвей-

еры работают со скребковым перегружателем и могут сокращать свою длину на 30–40 м без расстыковки ленты и сокращения ее длины.

Конвейеры 1ЛБ80, 2ЛБ80, 1Л480, 2ЛБТ100 оборудованы телескопическими устройствами и применяются при отработке пологих угольных пластов по восстанию и падению.

Конвейеры 1Л100, 2ЛУ100, 1ЛУ120, 2ЛУ120А, 2ЛУ120Б, 2ЛУ160В устанавливают в уклонах и наклонных стволах с углом наклона до 18°.

Для перевозки грузов и людей в выработках с углом наклона 6–16° используют конвейер 2ЛЛ100.

К преимуществам ленточных конвейеров следует отнести простоту конструкции, возможность достижения большой производительности и высокую надежность. Так, производительность конвейеров, устанавливаемых на отвалообразователях, используемых на открытых горных работах, может достигать 10000 м³/ч при скорости ленты 8–9 м/с.

Недостатки ленточных конвейеров: невозможность применения в криволинейных в плане выработках, высокая стоимость ленты, ограниченность транспортируемого груза по кусковатости (до 500 мм).

Ленточно-канатные конвейеры. В этих конвейерах тяговыми элементами являются стальные канаты, а грузонесущим – лента специальной конструкции, свободно лежащая на канатах. Наибольшее распространение получили конвейеры с двумя тяговыми канатами диаметром 29,5÷58 мм. Ширина ленты – 766–1520 мм, диаметр приводных шкивов – 2000÷4500 мм. Такие конвейеры устанавливаются по длинным трассам и имеют длину от 2000 до 30000 м.

Основные преимущества ленточно-канатных конвейеров: повышенный срок службы ленты (до 10 лет) и сравнительно небольшая общая металлоемкость. Недостатки: большие габариты приводных и натяжных станций, необходимость применения ленты специальной конструкции, ограничения по углу подъема (до 13°) и по крупности кусков (до 300 мм) транспортируемого груза.

Скребковые конвейеры транспортируют насыпные грузы волочением по неподвижному желобу с помощью тягового органа, состоящего из одной или нескольких цепей с закрепленными на них перегородками – скребками, погруженными в слой насыпного груза.

Основное назначение скребковых конвейеров – доставка полезного ископаемого по очистному забою в угольных шахтах. Кроме того, они могут устанавливаться в просеках, печах, хвосте пластинчатого или ленточного конвейера, а также в магистральных выработках длиной до

150 м. Максимальный угол наклона, при котором скребковые конвейеры могут транспортировать насыпные грузы – 35°.

Основные элементы скребковых конвейеров (рис. 24.2): тяговый скребковый орган 3; рештачный став 7, состоящий из двух параллельных желобов, по которым перемещаются рабочая и холостая ветви тягового органа; приводное устройство 2, служащее для приведения в движение тягового органа. Некоторые типы скребковых конвейеров оборудуют натяжными устройствами.

Рештачный став собирают из унифицированных секций (рештаков) длиной от 1 до 2,5 м. Рештаки выполняют штампованными или сварными с прямоугольной или трапециевидной формой поперечного сечения.

Рештаки соединяют в став быстроразъемными крючковыми соединениями или болтами. В большинстве конструкций конвейеров рештаки укладывают один над другим, образуя открытый желоб для рабочей ветви и закрытый для холостой. Имеются конвейеры, у которых рештаки собраны в два параллельных желоба, лежащих в одной плоскости.

Тяговые органы скребковых конвейеров состоят из одной, двух или трех тяговых цепей, к которым болтами или специальными планками крепят скребки. Приводное устройство скребковых конвейеров 1 состоит из тягового блока, включающего в себя приводной вал со звездочками, редуктор и электродвигатель. Наибольшее распространение получили асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором. Редукторы применяют цилиндрические или цилиндроконические. Двигатель с редуктором соединяют при помощи соединительных или предохранительных муфт. В мощных конвейерах используют гидромуфты.

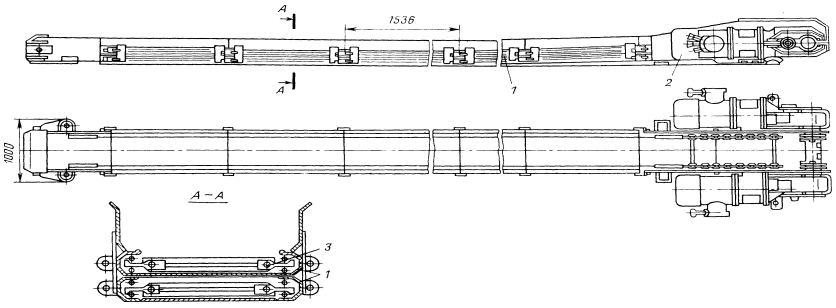


Рис. 24.2. Скребковый конвейер

Все части привода конвейера смонтированы на общей раме. В современных конвейерах электродвигатель, гидромуфта и редуктор с помощью фланцевых соединений объединены в приводные блоки.

Абсолютное большинство конвейеров, работающих в очистных забоях в составе комбайновых и струговых комплексов, а также в комплектах очистного оборудования с индивидуальными крепями, являются передвижными.

Они могут подвигаться к забою после выемки комбайном полосы угля фронтально (по всей длине очистного забоя) или «волной» вслед за перемещением очистного комбайна. Подвигание конвейеров к забою при работе в составе комбайновых или струговых комплексов производится домкратами секций механизированных агрегатированных крепей. Если в очистном забое установлены секции комплектных механизированных крепей или применяется индивидуальная крепь, конвейеры передвигаются с помощью домкратов гидропередвижчиков.

Основные технические данные применяемых в настоящее время передвижных и разборных скребковых конвейеров приведены в табл. 24.6.

Процесс перемонтажа разборных конвейеров в очистных забоях весьма трудоемок. Разборный конвейер СК38 имеет малую высоту рештачного става, поскольку рабочая и холостая ветви скребковой цепи этого конвейера замкнуты в горизонтальной плоскости. Поэтому он выпускается промышленностью для очистных забоев на тонких пластах, оснащенных широкозахватными очистными комбайнами.

Разборный конвейер 1СР70М предназначен для доставки угля, горной массы и материалов по участковым горным выработкам и поэтому реже подвержен перемонтажам. Конвейер СР60 используется в тех забоях, где еще осуществляется пока взрывоотбойка угля после подрубки пласта врубовой машиной.

Исходные данные для определения основных параметров скребкового конвейера: расчетный грузопоток Q_p (т/ч) , поступающий на конвейер, длина конвейера L (м), средний угол наклона β (градус) .

К основным эксплуатационным параметрам скребкового конвейера относятся: размеры желоба, определяющие площадь поперечного сечения груза Ω_o (м^2), скорость движения рабочего органа v (м/с), прочность тяговых цепей S_p (Н) и мощность привода N (кВт).

Расчетный грузопоток

$$Q_p=3600\Omega_o\psi\gamma cv\ , \qquad (24.3)$$

где γ – насыпная плотность груза, т/м; ψ=0,5÷0,8 – коэффициент заполнения желоба (большие значения принимают для наклонных конвейеров, транспортирующих груз вниз); c – коэффициент, учитывающий изменение производительности конвейера в зависимости от угла наклона:

Таблица 24.6.

Параметры	Скребковые конвейеры							
	Передвижные					Разборные		
	СП48 М	СП202	СП202В1	СП87П М	СП301	СК38	СР60	1СП70М
Область применения по мощности пласта, м	0,7-0,9	≥0,9	≥0,65	1-2	≥1,95	0,45-0,8	≥0,9	≥0,9
Производительность, т/ч	250; 290	430; 480 535; 600	400; 500 550	360; 450 504	756; 990	100	125	180; 360*
Мощность одного приводного блока, кВТ	55	55; 110	110	110	110	22	32	45; 55
Число приводных блоков	3	2; 3	2	2; 3	2; 4	1; 2	1	2
Скорость скребковой цепи, м/с	1,12	1; 1,12; 1,25;1,4	1; 1,125; 1,4	1; 1,12; 1,25; 1,4	1,06; 1,38	0,64	0,8	1,024
Число цепей	2	2	2	2	2	1	2	2
Разрушающая нагрузка соединительного звена цепи, кН, не менее	410	430	430	430	750	-	-	410
Высота рештачного става со стороны забоя, мм	183	190	200	214	285	104	196	200; 400*
Длина конвейера в поставке, м	150; 200	150; 170; 220; 300	170	150; 170; 200	120; 180	100; 150	40	100; 150

* Высота бортов конвейера и производительность при работе в участковых горных выработках

Угол наклона конвейера					
β градус.....	От -10 до -16	-5	0	+10	+20
Коэффициент *c*.....	1,5	1,3	1	0,7	0,3

$$N=1,2(S_{нб}-S_{сб}/1000\eta)\,v\,, \qquad (24.4)$$

где 1,2 – коэффициент, учитывающий увеличение мощности в период пуска и кратковременного стопорения цепей в направляющих; $S_{нб}$ *и* $S_{сб}$ набегающей и сбегающей ветвей цепного органа на приводной звездочке, Н; η – к.п.д. механической передачи; v – скорость тягового органа, м/с.

Пластинчатые конвейеры включают в себя рабочий орган, состоящий из одной или двух тяговых цепей, выполняющих функцию тягового органа, и пластинчатого полотна, состоящего из отдельных пластин, что придает ему определенную гибкость в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

Пластинчатые конвейеры могут работать на криволинейных трассах с малыми (около 10 м) радиусами закруглений; имеют малое сопротивление перемещению грузонесущего органа; допускают установку промежуточных приводов, что увеличивает длину транспортирования без перегрузок; могут применяться при повышенных (до 40°) углах наклона, если пластины снабжены выступами или поперечными перегородками.

Недостатки пластинчатых конвейеров: большая масса движущихся частей; сложная конструкция грузонесущего полотна, состоящего из многих соединенных между собой элементов. Последнее обстоятельство – причина малой надежности пластинчатых конвейеров, вследствие чего в настоящее время пластинчатые конвейеры для магистральных трасс не изготовляют. На горных предприятиях довольно широкое распространение получили пластинчатые питатели – разновидность пластинчатых конвейеров небольшой длины.

Пластинчатый конвейер (рис. 24.3) состоит из грузонесущего полотна 3, ходовых или стационарных роликовых опор 4, тягового органа *6,* направляющих 5 для верхней и нижней ветвей пластинчатого полотна, металлоконструкции става 2, приводной 1 и натяжной станций. Последняя при наличии хвостового привода не устанавливается.

Грузонесущее полотно состоит из несущих пластин и ходовых кареток. Пластины изготовляют горячей или холодной штамповкой из листовой стали.

Они имеют трапециевидное или прямоугольное поперечное сечение. Ширину пластин принимают – 500–800 мм (для пластинчатых пита-

телей до 2000 мм), высоту бортов – в пределах 50–200 мм. Пластины крепят к тяговой цепи в одной или двух точках. Между собой пластины соединяют встык или внахлестку.

Пластины, снабженные ходовыми роликами, называют ходовыми каретками. Ходовые ролики крепят на консольных полуосях или сквозных осях. Диаметр ходовых роликов принимают равным 100–120 мм. Ролики снабжают ребордами. Шаг ходовых кареток устанавливают в зависимости от натяжения тяговой цепи и принимают кратным длине несущих пластин и *шагу* тяговых цепей.

Опорный став пластинчатого конвейера состоит из верхних и нижних направляющих для ходовых роликов, опорных стульев и поперечных связей. Направляющие выполняют из швеллеров, уголков, рельсов или двутаврового профиля. Длина секций става 3–3,5 м.

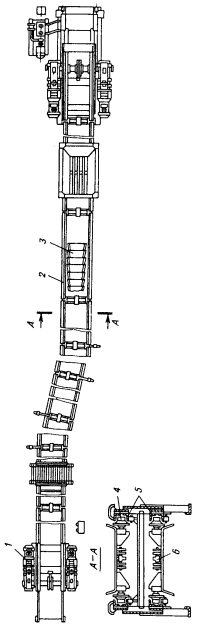


Рис. 24.3. Пластинчатый конвейер

Приводные устройства пластинчатых конвейеров, так же как и скребковых, состоят из приводного вала с одной или двумя звездочками, редуктора, гидромуфты и электродвигателя. Натяжное устройство при-

меняют винтового или гидравлического типа. При помощи натяжного устройства создают предварительное натяжение тяговой цепи (~ 4000 Н) с целью исключения чрезмерного провеса пластинчатого полотна между ходовыми каретками и слабины цепи при сходе с приводной звездочки.

Ширина пластинчатого полотна *B* (мм) должна удовлетворять условию: $B \geq 1{,}5\acute{a}_{max}$, где $\acute{a}_{max}$ – максимальный размер наибольшего куска транспортируемого груза, мм.

Конвейеры, в которых для перемещения груза используются силы инерции (качающиеся, сотрясательные и вибрационные), в настоящее время не применяются. Ряд их разновидностей используется в виде питателей.

Лекция 25

ЛОКОМОТИВНЫЙ ТРАНСПОРТ

Локомотивный транспорт получил широкое распространение на горных предприятиях. При локомотивном транспорте состав из вагонов перемещается при помощи локомотива по рельсовым путям.

Рельсовые пути состоят из нижнего и верхнего строений. К нижнему строению относят земляное полотно в виде насыпи, нулевого места или различных искусственных сооружений — мостов, эстакад и т.д., к верхнему строению — балласт, шпалы и рельсы со скреплениями. Рельсы на шпалы опираются через подкладки и крепятся к шпалам костылями, шурупами или болтами. В последнее время получают распространение железобетонные и металлические шпалы. При помощи подкладок рельсам придают уклон внутрь оси пути, что обеспечивает устойчивое движение подвижного состава. Кроме того, на закруглениях наружный рельс укладывают с превышением для компенсации центробежной силы. Расстояние между внутренними стенками головок рельсов называют колеей. На горных предприятиях используют пути с колеей 600; 750 и 900 мм при подземных разработках и 750 и 1520 мм – на открытых разработках.

Пространство между шпалами засыпают балластом (дробленой горной породой) на 2/3 толщины шпалы.

На разветвлениях рельсовые пути соединяют стрелочными переводами. Стрелочный перевод состоит из стрелки, крестовины с контррельсами, соединительной части и комплекта переводных брусьев.

Тип рельса обозначают буквой Р и цифрой, показывающей массу (кг) 1 м рельса. На шахтах применяют типы рельсов: Р-18, Р-24, Р-33, Р-38 и Р-43, на карьерах – Р-43, Р-50, Р-65 и Р-75.

Локомотивы. На шахтах наибольшее распространение получили контактные и аккумуляторные электровозы. Применяют значительно реже дизелевозы, инерционные локомотивы (гировозы).

Контактный электровоз получает питание от контактной сети постоянного тока напряжением 250 и 275 В. Допускается напряжение до 600 В. Основные элементы контактного электровоза К 14 (рис. 25.1); кузов 5, ходовая часть 4, рессорная подвеска 3, тормозная система, кабина 2, токоприемник 1 и буфер б со сцепным устройством.

Основной элемент ходовой части электровоза – колесная пара, состоящая из оси с напрессованными колесами и зубчатым колесом. Ось снабжена шейками для подшипников редуктора, корпус которого соединен с корпусом тягового электродвигателя. Противоположный конец редуктора опирается через амортизаторы на балку рамы электровоза.

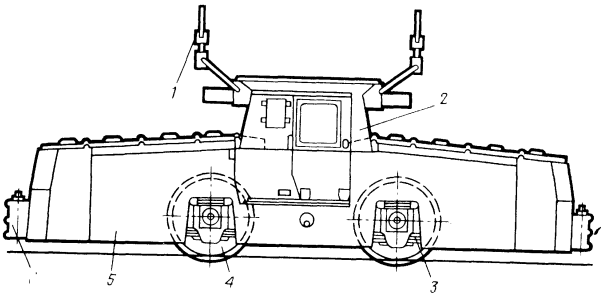


Рис. 25.1. Контактный электровоз К14

Шейки осей установлены в подшипниках, расположенных в буксах. Кузов электровоза опирается на буксы при помощи рессор. Кабина машиниста контактных электровозов расположена либо в средней части, либо на одном из концов. Аккумуляторные электровозы, широко используемые в угольных шахтах, оборудуют аккумуляторной батареей, занимающей основной объем кузова.

Шахтные электровозы имеют две тормозные системы: электрическую и механическую. Электрическое реостатное торможение использу-

ется для рабочего, механическое – для экстренного (аварийного) торможения.

Механическая тормозная система включает в себя колодочный тормоз с ручным, пневматическим или гидравлическим приводом. На тяжелых шахтных электровозах устанавливают дополнительный рельсовый электромагнитный тормоз, взаимодействующий магнитными тормозными башмаками с рельсами.

Электровозы оборудуют песочной системой. Песок подается под колеса электровоза для лучшего их сцепления с рельсами при открывании выпускных отверстий песочниц.

В табл. 25.1 приведены технические характеристики контактных электровозов. В табл. 25.2 – технические характеристики аккумуляторных электровозов.

На открытых горных работах все большее распространение получают тяговые агрегаты, представляющие собой комбинацию из электровоза управления, дизельной секции и моторного вагона. Существуют тяговые агрегаты, в состав которых входят электровоз управления и два моторных вагона. Тяговые агрегаты имеют большую массу и могут перевозить составы общей массой до 2000 т и преодолевать затяжные подъемы с уклоном до 70%.

Таблица 25.1

Параметры	4КР1	7КРIV	К10	К14
Масса, т	4	7	10	14
Колея, мм	600; 900	600; 750; 900	600; 750; 900	750; 900
Скорость при часовом режиме, км/ч	5,5	10,5	12,5	12,8
Сила тока при часовом режиме, А	50×2	112,5×2	145×2	204×2
Число тяговых электродвигателей	2	2	2	2
Мощность длительного режима, кВт	2×4	2×10	2×11	2×16
Жесткая база, мм	900	1200	1200	1800
Длина по буферам, мм	3120	4500	4760	5750
Ширина, мм	1300	1350	1650	1650
Высота по токосъемнику	2185	2400	2300	2300

Таблица 25.2

Параметры	АРП7	АРВ7	АМ8Д	АРП10	АРП28
Масса, т	7	7	8	10	28 (2×14)
Колея, мм	600; 750; 900	600; 750; 900	600; 900	600	900
Тяговое усилие при часовом режиме, Н	7000; 9300*	9100	11600	12500	35600
Скорость при часовом режиме, км/ч	7,5; 8,8*	7,5	7,2	7,2	9,4
Мощность часового режима, кВт	2×10	2×10	2×12	2×13	4×23,5
Жесткая база, мм	1200	1200	1200	1400	1655
Длина, мм	4200	4200	4550	5500	10870
Ширина, мм	1350	1350	1345	1060	1350
Высота, мм	1500	1500	1415	1650	1650

*Первая цифра для колеи 600 мм, вторая – для колеи 900 мм.

Тяговые агрегаты с дизельной секцией могут двигаться по горизонтальным или слабо наклонным путям без контактного провода.

Электровозы для открытых горных работ по конструкции значительно сложнее используемых на шахтах.

В табл. 25.3 приведены технические характеристики современных тяговых агрегатов.

Таблица 25.3

Показатели	**ПЭ2М**	**ПЭ3Т**	**ОПЭ1**	**ОПЭ2**
Масса, т	368	372	350	372
Состав агрегата	ЭУ+МД+МД	ЭУ+ДС+МД	ЭУ+Д+МД	ЭУ+МД+МД
Осевая формула	3(20-20)	3(20-20)	3(20-20)	3(20-20)
Напряжение сети	1,5	3,0	10,0	10,0
Ток	Постоянный		Переменный	
Мощность в часовом режиме, кВт	2570; 5460	5325	6480	5325
Тяговое усилие, кН	694	662	810	662
Скорость, м/с	13,6; 28,9	29,5	30	29,5
Грузоподъемность моторного вагона, т	44	44	45	-
Мощность дизеля автономного питания, кВт	-	1470	1470	-

Вагонетки с глухим кузовом состоят из рамы, на которой жестко закреплен кузов. Рама опирается на полу скаты. Торцовые брусья рамы оборудуют сцепными устройствами. Вагонетки грузоподъемностью 8 т и более оснащаются ходовыми тележками, на которые через рессорную подвеску опирается рама с кузовом.

Вагонетки с откидными днищами выпускают двух типов: ВД - днище имеет разъем, перпендикулярный к оси вагонетки, и ВДК - с разъемом днища вдоль оси вагонетки.

Вагонетки с глухим кузовом разгружаются в круговых опрокидывателях, с откидными днищами — при подходе их над разгрузочными ямами.

Секционный поезд составлен из секций, представляющих собой вагонетки с одним полу скатом и без торцовых стенок. Одним концом (на котором нет полуската) секция опирается на другую секцию. Таким образом составляется длинный гибкий желоб. Днище секций выполняется откидным, и разгрузка производится поочередным открыванием днища при проходе секции над разгрузочной ямой.

Для перевозки людей и вспомогательных грузов применяются специальные вагонетки.

В табл. 25.4 приведены технические характеристики шахтных вагонеток.

Таблица 25.4

Параметры	Вагонетки Вагонетки				
	с глухим кузовом		с разгрузкой через дно		секционный поезд
Тип	ВГ 2,5	ВГ 3,3	ВДК 2,5	ВД 3,5	ПС 3,5
Вместимость, $м^3$	2,5	3,3	2,5	3,3	3,5
Колея, мм	900	900	900	900	900
Габариты, мм	2800× ×1240× ×1300	3450× ×1320× ×1300	2900× ×1240× ×1400	3575× ×1350× ×1400	2650× ×1350× ×1600
Масса, кг	1140	1270	1660	2600	

Вагоны. На карьерах используют следующие типы вагонов: полувагоны (гондолы) для перевозки легких насыпных грузов (угля, известняка и др.); вагоны-самосвалы (думпкары) для перевозки скальных

крупнокусковых грузов; вагоны-бункеры (хопперы) для перевозки угля и щебня; различные платформы для перевозки вспомогательных грузов.

В вагонах всех типов можно выделить следующие основные узлы:

ходовое оборудование, раму, кузов, ударно-сцепное устройство и пневматическую систему.

Ходовое оборудование включает в себя двух-, трех- или четырехосные ходовые тележки. Основные элементы тележек: колесные пары, буксы, рама, рессорные комплекты и тормозные устройства.

На ходовые тележки опирается рама вагона, на которой закрепляется кузов. На раме вагонов-самосвалов крепятся пневмоцилиндры, предназначенные для опрокидывания кузова при разгрузке, воздушные резервуары, механизмы тормозной системы, пневматические магистрали для управления тормозами и механизмы опускания и поднятия бортов.

В несаморазгружающихся вагонах рама и кузов объединены в единую конструкцию.

Кузов современных полувагонов (гондол) выполняют с несущими боковыми стенками, поэтому он имеет каркас, изготовленный из тонкостенных профилей.

Вагоны-самосвалы обладают некоторыми конструктивными особенностями. Их кузова выполняют отдельно от рам. Борта вагонов-самосвалов усиливают ребрами жесткости. Днище для амортизации ударов от загружаемой горной массы выполняют из двух стальных листов, между которыми прокладывают деревянные брусья.

Борта вагонов-самосвалов шарнирно соединены с днищем, что позволяет откидывать их при разгрузке на обе стороны. Для наклона кузова применяют пневматические цилиндры, которые на полуосях подвешены в проемах рамы вагона, а их штоки шарнирно соединены с днищем кузова.

Вагоны-самосвалы оборудованы механизмом открывания и закрывания бортов. Эти механизмы устроены таким образом, что борта откидываются значительно быстрее, чем наклоняется кузов. После откидывания борт является как бы продолжением днища.

Пневмоцилиндры разгрузки получают питание от пневмосистемы локомотива. К цилиндрам подводится сжатый воздух под давлением 0,7 МПа.

Все вагоны, используемые на карьерах, оборудованы тормозной системой.

Таблица 25.5

Параметры	6ВС-65	ВС-85	2ВС-105	ВС-136	ТВС-165

Грузоподъемность, т	60	85	105	136	165
Вместимость кузова, $м^3$	26,2	38	48,5	68	58
Коэффициент тары	0,484	0,41	0,45	0,5	0,38
Число осей	4	4	6	8	8
Нагрузка на ось, кН	218	294	250	249	304
Число разгрузочных цилиндров	4	4	6	8	8
Масса вагона, т	29	35	48	67,5	68

Тормозная система вагона состоит из пневматической подсистемы управления тормозными колодками и рычагов, через которые производится прижатие или отжатие тормозных колодок к поверхностям питания колес.

Современные вагоны оборудуют автоматическими ударно-сцепными устройствами – автосцепками.

В табл. 25.5 приведены технические характеристики выпускаемых карьерных вагонов-самосвалов.

Масса m_B (т) прицепной к локомотиву части поезда (состава вагонов)

$$m_B = \frac{F}{g(w_o \pm i + w_{тр}) + 108\,a} - m_л \qquad (25.1)$$

где F — максимальная сила тяги локомотива, Н; g — ускорение свободного падения, $м/с^2$; w_o– удельное сопротивление движению поезда, Н/кН (отношение силы сопротивления движению Н, к полному весу поезда, кН); $w_{тр}$— удельное сопротивление трогании состава, Н/кН; i – уклон пути, ‰ , a — ускорение поезда при его разгоне, $м/с^2$; $m_л$– масса локомотива, т.

В свою очередь

$$F = 1000\, g\, m_л \psi,$$

где ψ — коэффициент сцепления тяговых колес с рельсами (при сухих рельсах $\psi = 0{,}2$; при подсыпке песка $\psi = 0{,}25$; при мокрых рельсах $\psi = 0{,}15$).

Величину $g\, m_л$ (кН) называют сцепным весом. Это вес локомотива или тягового агрегата, приходящийся на тяговые колеса.

Удельные сопротивления движению w_o для поездов, движущихся по шахтным выработкам, составляют от 5 до 16 Н/кН, для карьерных поездов — от 5 до 11 Н/кН. Удельное сопротивление троганию состава $w_{тр}$ принимается равным 4 Н/кН.

Рельсовые пути на шахтах укладывают с уклоном не менее 3% для обеспечения нормального стока воды и не более 5%. По этой причине наиболее тяжелый режим работы локомотива – это движение состава порожняком вверх по уклону от околоствольного двора к пункту погрузки.

Применительно к условиям работы в шахтах допустимую массу прицепной части поезда устанавливают по условиям сцепления колес электровоза с рельсами, допустимого нагрева тяговых двигателей, возможности экстренной остановки поезда с соблюдением правил безопасности. Тормозной путь в соответствии с требованиями правил безопасности должен быть не более 40 м.

При работе локомотивного транспорта на карьерах самые тяжелые режимы движения – это движение по руководящему (наибольшему, затяжному) уклону груженого состава (как правило руководящий уклон имеет место на выездной траншее) и трогание с места груженого состава на уклоне вверх. Тормозной путь, который в соответствии с требованиями правил безопасности не должен быть больше 300 м, определяют при движении поезда вниз по руководящему уклону.

Канатный транспорт

К канатным транспортным установкам принято относить различные транспортирующие устройства с канатной тягой. Среди них получили распространение: концевая канатная откатка; подвесные канатные дороги маятникового и кольцевого типов (реже используют монорельсовые дороги с канатной тягой и одноканатные дороги для перевозки людей); скреперные установки.

Концевые канатные откатки в настоящее время используют главным образом для перевозки материалов, оборудования и людей по выработкам с углом наклона более 6 , при котором обратное движение вагонеток, платформ или клетей происходит под действием их веса.

К оборудованию концевой откатки относят рельсовый путь, одно- или двухбарабанные лебедки или малые подъемные машины с диаметром барабанов от 1,2 до 2,2 м, тяговые канаты, прицепные и предохранительные устройства, поддерживающие и отклоняющие ролики и по-

движной состав, представляющий один экипаж или состав экипажей различного типа.

На рис. 25.2 изображена подъемная машина, основные узлы которой: рама 1, барабан 2, тормоза 3, привод с редуктором 4 с зубчатой 5 и соединительной 6 муфтами, рама привода машины, электродвигатель 7 и пульт 8 управления машиной.

Барабаны имеют реборды и допускают трехслойную навивку каната.

Прицепные устройства состоят из коуша, серьги, центрального стержня, соединенного шарнирно с приводной тягой парашютного устройства, траверсов и прикрепленных к ним предохранительных цепей.

Применяют одноконцевую откатку, при которой прицепной сосуд или состав работают по челноковой схеме, а также двухконцевую, при которой один состав движется вверх, другой вниз.

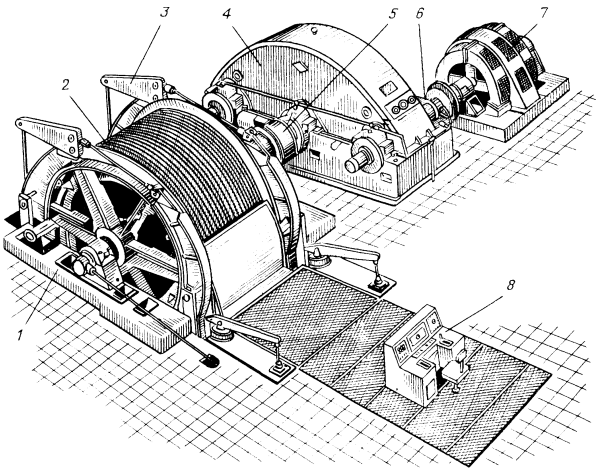


Рис. 25.2. Малая подъемная машина.

Подъемную машину выбирают по заводским каталогам в зависимости от длины откатки и максимального статического натяжения каната.

Производительность (т/ч) концевой откатки

$$Q = 60 \frac{z\, m_{гр}}{T_ц}, \qquad (25.2)$$

где z – допустимое число вагонов по прочности сцепки; $m_{гр}$ – масса груженой вагонетки, т; $T_ц$ – время цикла, мин.

Подвесные канатные дороги применяют для перевозки: породы в отвалы на поверхности, полезного ископаемого и людей в местностях с пересеченным рельефом (например, в гористой местности). Наиболее распространены подвесные кольцевые двухканатные дороги (рис. 25.3), обладающие более высокой производительностью.

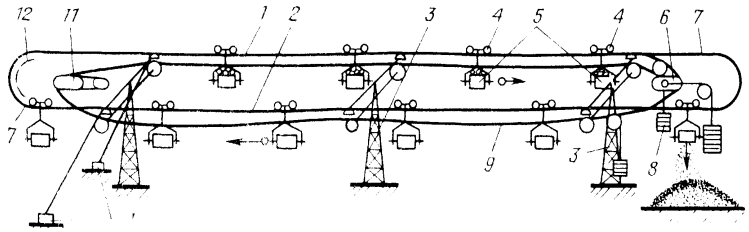


Рис. 25.3. Схема двухканатной кольцевой дороги

Грузовая 1 и порожняковая 2 ветви несущего каната подвешиваются на опорах *3* и вместе с кольцевыми рельсами 7 по концам дороги образуют кольцевой замкнутый путь. С одного конца несущие канаты закрепляются в якорях 10*, с* другого натягиваются при помощи натяжных грузов 8. Грузонесущие емкости, выполненные в виде подвесных вагонеток 5, перемещаются на ходовых тележках 4 по несущему канату и кольцевым рельсам. К вагонеткам посредством специальных зажимных устройств крепится тяговый замкнутый канат 9, который приводится в движение от шкива 11 тяговой лебедки. С противоположной стороны канат 9 натягивается натяжным устройством *6.* На концевых станциях этот канат автоматически отсоединяется от вагонетки, которая по кольцевым рельсам движется самокатом либо при помощи специального цепного конвейера 12.

Несущие канаты – закрытой конструкции, поскольку поверхность таких канатов гладкая и по ней вагонетки движутся без вибраций с малым сопротивлением.

Опоры выполняют металлическими на бетонном фундаменте. На дорогах небольшой годовой производительности $Q_{год}$ (до *200* тыс.т/год) применяют деревянные опоры. Стандартные опоры имеют высоту от 5 до 25 м. В отдельных случаях при пересечении дорогой широких и глубоких ущелий изготовляют специальные мачты высотой 50–100 м.

Вагонетки состоят из ходовой тележки (двух-, четырех- и восьмиколесной); подвески и кузова. Вагонетки разгружаются опрокидыванием

при помощи специальных отбойных брусьев либо через откидывающиеся днища.

Вагонетку оборудуют сцепным прибором, предназначенным для сцепления вагонеток с тяговым канатом.

Основным элементом привода служит один или два приводных шкива. Шкивы выполняют одно- или двухжелобчатыми и футеруют их рабочую поверхность специальными пластмассами, которые при взаимодействии с тяговым стальным канатом обеспечивают коэффициент сцепления μ=0,3.

Шкив через редуктор приводится во вращение электродвигателем.

Натяжные устройства, служащие для натяжения несущих и тяговых канатов, обычно грузового типа.

Погрузка вагонеток осуществляется на погрузочных станциях, предусматривающих бункер, пластинчатый или ленточный питатель для загрузки вагонеток. Иногда бункер оборудуют специальными дозаторами или секторными затворами.

Часовая производительность канатной дороги

$$Q_ч = k_н \frac{Q_{год}}{n_г\, n_c}, \qquad (25.3)$$

где $k_н$ = 1,1÷1,2 – коэффициент неравномерности подачи груза на канатную дорогу; $n_г$ – число рабочих дней в году; n_c – число часов работы в сутки.

Часовая производительность канатных дорог обычно находится в диапазоне 100–400 т.

Моноканатные дороги, предназначенные главным образом для перевозки людей, включают в себя приводное устройство со шкивом трения (аналогичное канатным подвесным дорогам), натяжное устройство грузового типа и замкнутый тяговый канат, поддерживаемый роликами на подвесках. К канату прикрепляются сиденья. Канат движется со скоростью 1 м/с, посадка и сход людей происходят на ходу.

Монорельсовые дороги с канатной тягой состоят из мо-норельсового пути, средств тяги, подвижного состава с грузоподъем-ными и другими вспомогательными устройствами, обеспечивающими закрепление груза на подвижном составе и механизацию погрузочно-разгрузочных работ на конечных пунктах.

Монорельс подвешивают к крепи жестко или с помощью цепных или стержневых подвесок.

В качестве средств тяги используют лебедки со шкивом трения, двух- или однобарабанные тягальные лебедки.

Скорость движения тяговых канатов принимают в диапазоне 0,2–4 м/с.

Грузоподъемность монорельсовых дорог доходит до 14 т, а длина до 2000 м.

Скреперные установки используют для перемещения полезного ископаемого в рудных и угольных шахтах на небольшие расстояния. В рудных шахтах их широко используют для доставки руды от места выпуска взорванной руды до рудоспуска и для транспортирования породы из подготовительных забоев до погрузочного пункта.

Основные элементы скреперной установки (рис. 25.4): скреперная двух- (рис. 6.7, а*)* или трехбарабанная (рис. 25.4, *б)* лебедка 1*,* скрепер 3*,* головной 2 и хвостовой 4 канаты, концевые 5 и отклоняющие *6* блоки. При работе установки скрепер совершает возвратно-поступательное движение. При движении скрепера от забоя к лебедке происходят зачерпывание и транспортирование груза, в противоположном направлении – движение скрепера без груза.

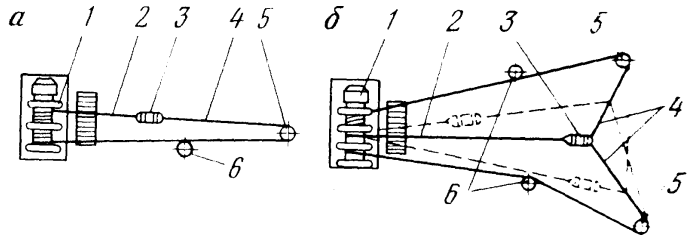


Рис.23.4. Схема скреперной установки:
а - с двухбарабанной лебедкой; *б - с* трехбарабанной лебедкой

Производительность скреперной установки составляет в среднем 150–450 т/смену, рациональная длина доставки – 20–30 м, однако при транспортировании угля и калийных солей она может составлять 250–300 м. Угол наклона трассы может достигать 35°.

Лекция 26

САМОХОДНЫЕ ВАГОНЫ И АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ

К самоходным транспортным машинам принято относить самоходные вагоны, подземные автосамосвалы и карьерные.

Самоходный вагон (рис. 26.1) состоит из самоходного шасси 4 обычно четырехколесного, со всеми ведущими и всеми управляемыми колесами, кузова 1 со скребковым конвейером 3 на дне, привода 2, трансмиссии 6 и органов управления 7.

Самоходные вагоны оборудуют электрическим приводом с питанием по кабелю, расположенным на барабане 5, или дизельным. Самоходные вагоны отечественного производства имеют электрический привод с двигателем постоянного тока с последовательным возбуждение или переменного тока с асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором со смягченной характеристикой (скольжение на естественной характеристике достигает 14%).

При движении вагона питающий кабель сматывается или наматывается на кабельный барабан, снабженный устройством, обеспечивающим равномерную навивку кабеля и его постоянное натяжение.

Каждая пара пневмоколес приводится от самостоятельного электродвигателя через механическую трансмиссию, состоящую из редуктор и карданных валов, соединяющих ведущие колеса с двигателем. Рулевое управление снабжено гидроусилителем поворота обеих пар колес.

Скребковый конвейер, расположенный в днище кузова, приводится в движение от самостоятельного двигателя. Скорость скребкового тягового органа принимается в диапазоне 0,2–0,3 м/с. При помощи скребкового конвейера производятся распределение груза по кузову и его разгрузка. В некоторых вагонах при разгрузке кузов может принимать наклонное положение при помощи подъемных гидродомкратов.

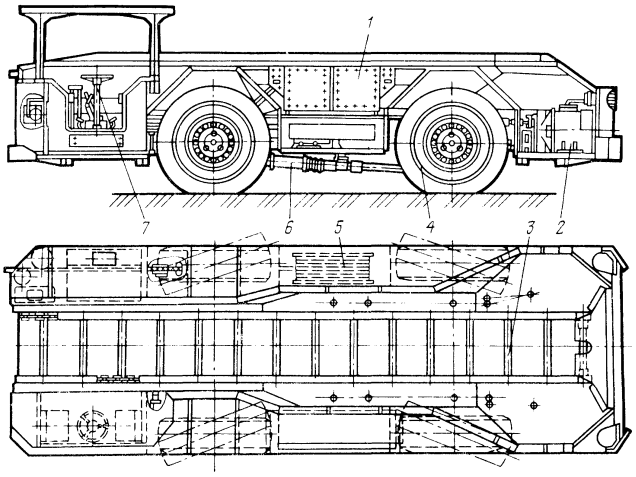


Рис. 26.1. Самоходный вагон ВС 15

Самоходные вагоны в России и стран СНГ используют на рудных шахтах, при камерной разработке месторождений калийных солей, на сланцевых шахтах. Рациональная длина доставки достигает 200 м, производительность 450–800 т/смену. Обычно самоходные вагоны применяют в комплексе с погрузочными машинами.

В России в настоящее время большими партиями выпускают вагоны типа ВС, грузоподъемностью 5, 10, 15т. Эти вагоны могут преодолевать уклоны до 15°. Самоходные вагоны используют также для перевозки вспомогательных грузов и людей.

Гипроуглегормашем разработаны два типоразмера самоходных вагонов ВГЛ-1,5 и ВГЛ-3,0 на пневмоколесном ходу с дизельным приводом мощностью соответственно 28 и 55,2 кВт. Эти вагоны предназначены для перевозки 1,5 или 3 т грузов и людей (7 или 12 человек) по выработкам с углом наклона до 12°. Вагоны типа ВГЛ оборудованы двумя кабинами управления, что обеспечивает возможность работы по челноковой схеме.

Вагоны типа ВГЛ комплектуют лебедками с гидроприводом грузоподъемностью 1,5 или 3 т для механизации погрузочно-разгрузочных работ.

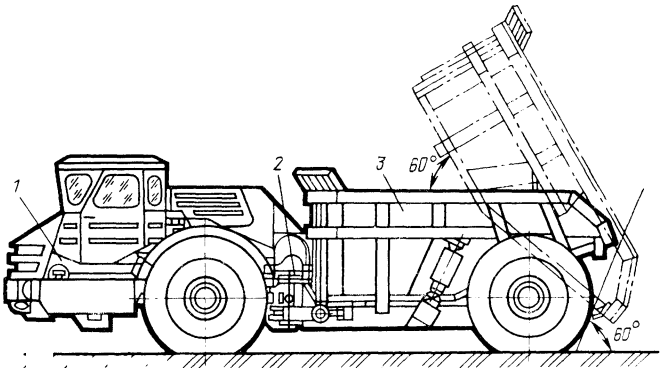


Рис.26.2 Подземный самосвал типа МоАЗ-6401

Подземные автосамосвалы Могилевского автозавода типа МоАЗ-6401 грузоподъемностью от 20 до 35 т используют на рудных шахтах.

Большинство подземных автосамосвалов (рис. 26.2) имеют шарнирно-сочлененную раму 2. На передней полураме смонтированы тягач 1, на задней – полуприцеп 3 с опрокидным кузовом, что обеспечивает

поворот тягача относительно полуприцепа на 45° в обе стороны и прохождение кривых в плане радиусом 7–8 м. Подземные автосамосвалы оборудованы дизельным двигателем с системой двойной очистки выхлопных газов, гидродинамической трансмиссией, гидроусилителем рулевого управления, а также упругой пневмогидравлической подвеской.

В России выпускается подземный автосамосвал МоАЗ-6401 грузоподъемностью 20 т с двигателем мощностью 140 кВт. Максимальная скорость движения – 35 км/ч, эксплуатационная с полной нагрузкой – 12 км/ч по горизонтали, до 6 км/ч – на уклоне 8–10°.

Сила тяги (Н) самоходной транспортной машины

$$F=(G+G_o)\, g\, (w_o \pm i + w_{кр} + 108\, a), \qquad (26.1)$$

где G и G_o – соответственно масса машины и груза, т; g – ускорение свободного падения, м/с^2 ; i – уклон трассы, $^\circ/_{oo}$.

Основное удельное сопротивление в зависимости от типа подземной дороги принимают w_o=25÷150 Н/кН. Дополнительное сопротивление на криволинейных участках $w_{кр}$ = (0,05-0,08) w_o. Ускорение трогания a =0,4÷0,5 м/с^2.

Максимальная сила тяги по условию сцепления ведущих колес с дорогой

$$F_{max} \le 1000 P_{сц} \psi, \qquad (26.2)$$

где $P_{сц}$ – сцепной вес машины, кН; ψ = 0,3÷0,75 – коэффициент сцепления колес с дорожным покрытием.

Для автосамосвалов типа МоАЗ

$$P_{сц}=0,6(G+G_o)\, g. \qquad (26.3)$$

НИПИгормашем разработана конструкция шахтного автопоезда АШ-75 грузоподъемностью 75 т с поперечными габаритными размерами 2,2х2 м, что позволяет применять его в выработках сечением 10 м^2 и более. Автопоезд состоит из двух тягачей и пяти однотипных грузовых вагонов грузоподъемностью по 15 т, разгружающихся опрокидыванием набок в любую сторону. Привод автопоезда дизель-электрический (дизель мощностью 140 кВт и генератор постоянного тока мощностью 215 кВт), все 12 моторколес оборудованы тяговыми двигателями мощностью 45 кВт.

Автопоезд рекомендован для доставки руды на промежуточных горизонтах рудных шахт на трассах между пунктами погрузки и капитальными рудоспусками при расстояниях до 1,5 км.

Для механизированной доставки материалов, оборудования, дизельного топлива, перевозки людей, а также для выполнения погрузочно-разгрузочных, монтажно-демонтажных и других вспомогательных работ в подземных условиях Гипрорудмашем разработано унифициро-

ванное самоходное шасси ВОМ-01 со съемным оборудованием. Шасси оборудовано дизельным приводом во взрывобезопасном исполнении.

Для транспортирования горной массы в карьерах применяют автосамосвалы и полуприцепы.

Автосамосвалом называют автомобиль с усиленной грузовой платформой и кузовом, разгружающимся опрокидыванием назад или набок.

В настоящее время основной тип карьерного автомобиля – это двухосный самосвал с задней разгрузкой, так как он больше других подходит к условиям работы в карьерах.

Основные параметры автосамосвалов: грузоподъемность (максимальная масса груза, перевозимая автосамосвалом); вместимость кузова (максимальный полезный объем кузова); мощность двигателя; удельная мощность (мощность двигателя, отнесенная к 1 т массы автосамосвала); для автосамосвалов с электромеханической трансмиссией – мощность тяговых электродвигателей; колесная формула (числовое выражение, показывающее общее число колес и число ведущих колес). Например, колесная формула 4х2 означает, что автосамосвал имеет четыре колеса, причем два из них ведущие.

Наиболее распространенными карьерными автомобилями являются автосамосвалы серии БелАЗ с большой грузоподъемностью при относительно небольшой длине и малом радиусе поворота, благодаря чему эти машины очень маневренны.

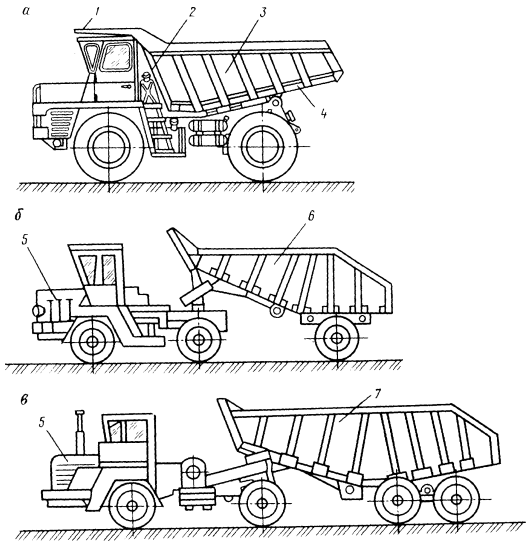


Рис. 26.3 Автосамосвал БелАЗ *(а)* и полуприцепы:
одноосный *(б);* двухосный (*в*)

Грузонесущий элемент автосамосвала - кузов. На большегрузных автосамосвалах применяют кузовы 3 совкового типа (рис. 26.3, *а).* Передний крутой скос *2* кузова обращен к кабине, задний 4 наклонен к горизонту под углом 15°. Кузов такой формы легко загружается и разгружается. Кузов снабжен козырьком 1, защищающим кабину водителя сверху. Для разгрузки передняя часть кузова поднимается при помощи механизма подъема платформы кузова. На большегрузных карьерных автосамосвалах применяют пневмогидравлическую подвеску с высокой демпфирующей способностью, необходимой для снижения динамических нагрузок на узлы и системы автосамосвала при движении по неровной дороге.

Автосамосвалы БелАЗ-540 (грузоподъемностью 30 т) и БелАЗ-548 (грузоподъемностью 45 т) оборудованы дизелем и гидромеханической трансмиссией. Их целесообразно использовать в комплексе с экскаваторами ЭКГ-4У, ЭКГ-5А, ЭКГ-8И. Автосамосвалы БелАЗ-549 (грузоподъемностью 80 т), БелАЗ-7519 (грузоподъемностью 110 т) и БелАЗ-7520 (грузоподъемностью 180 т) могут эффективно эксплуатироваться с экскаваторами ЭКГ-10, ЭКГ-12,5 и ЭКГ-20.

Проводятся работы по созданию карьерного автосамосвала грузоподъемностью 230 и 280 т.

Основные технические характеристики автосамосвалов серии БелАЗ приведены в табл. 26.1.

Таблица 26.1

Автосамосвалы	БелАЗ-7522	БелАЗ-7523	БелАЗ-7509	БелАЗ-7519	БелАЗ-7420-95-90 Углевоз	БелАЗ-75211
Колесная формула	4х2	4х2	4х2	4х2	6х4	4х2
Грузоподъемность, т	30	42	75	110	120	170
Мощность двигателя, кВт	265	367	770	955	955	1690
Вместимость кузова, $м^3$	15	21	35	44	110	70
Радиус поворота, м	8,5	30	11	12	-	15
Максимальная скорость, км/ч	55	50	50	52	50	50
Удельная мощность, кВт/т	12,6	12,6	11,67	11,24	8,6	11,65

Масса, т	21	29	66	85	101,85	145
Тип трансмиссии	Гидромеханическая			Электромеханическая		

На базе автомобилей типа БелАЗ созданы полуприцепы грузоподъемностью 40, 65 и 120 т, состоящие из седельного тягача 5 и полуприцепов – одно- 6 и двухосного 7 (см. рис. 26.3, *б, в)*. Полуприцепы могут быть с задней или донной разгрузкой, обладают высокой грузоподъемностью, но худшей маневренностью по сравнению с автосамосвалами.

На карьерных отечественных автосамосвалах и полуприцепах используют четырехтактные 6-, 8- и 12-цилиндровые двигатели с V-образным расположением рабочих цилиндров.

В автосамосвалах БелАЗ используют, как отмечалось, гидромеханические и электромеханические трансмиссии. Гидромеханической трансмиссией оборудуют автосамосвалы грузоподъемностью от 15 до 60 т. Преимущество гидромеханической трансмиссии – обеспечение автоматического, бесступенчатого изменения крутящего момента, передаваемого от дизеля к ведущим колесам.

На большегрузных автосамосвалах и полуприцепах (грузоподъемностью более 60 т) используют электромеханическую трансмиссию.

На автосамосвалах, оборудованных электромеханической трансмиссией, каждое ведущее колесо оснащено электродвигателем, который сообщает ему вращающий момент.

Электромеханическая трансмиссия позволяет существенно упростить кинематическую схему, так как исключаются коробка передач, муфта сцепления, карданные валы и другие узлы, используемые в гидромеханических трансмиссиях.

Тормозная система состоит из колодочных тормозов, устанавливаемых на всех колесах, и стояночного тормоза, размещенного на выходном валу коробки передач.

Тормозной путь самоходной машины L_T (м) при движении по уклону вниз

$$L_T = t_B + \frac{k_Э v_H^2}{254(\psi + w_0 - i)}, \qquad (26.4)$$

где t_B= 1,2÷1,5 – время реакции водителя и приведения тормозов в рабочее состояние, с; $k_Э$ = 1,5 – коэффициент эксплуатационного состояния тормозов; $v_н$ – скорость машины в начале торможения, км/ч; w – основное удельное сопротивление движению, Н/кН; I – уклон трассы, °/₀₀; ψ – коэффициент сцепления, принимают равным 0,3–0,75. Меньшие значе-

ния соответствуют мокрым, скользким дорогам, большие – сухим асфальтовым и бетонным.

Длина тормозного пути в подземных условиях не должна превышать 20 м, на карьерах – 70 м.

Эксплуатационная производительность $Q_э$ (т/ч) самоходного вагона автосамосвала или полуприцепа

$$Q_э = 60\, V_k k_з \gamma (1/t_p\, k_н), \qquad (26.5)$$

где V_k – вместимость кузова, м^3; $k_з$ =0,8÷0,9 – коэффициент заполнения кузова; t_p – продолжительность рейса, мин; $k_н$ = 1,2÷1,3 – коэффициент неравномерности грузопотока; γ – насыпная плотность груза, т/м^3.

Разрабатываются и внедряются дизель-троллейвозы с электромеханической трансмиссией, которые в карьере перемещаются от дизель-электрической установки, а на подъеме и на поверхности питание электропривода осуществляется от контактной сети. Дизель-троллейвозы обеспечивают экономию дизельного топлива, рекуперацию энергии при движении под уклон и развивают высокую скорость при питании от контактной сети.

Лекция 27

ГИДРО- И ПНЕВМОТРАНСПОРТНЫЕ УСТАНОВКИ

Гидротранспортные установки на горных предприятиях применяют для транспортирования и подъема на поверхность угля, руд и других полезных ископаемых, а также для доставки закладочных материалов в выработанное пространство.

На карьерах гидротранспорт применяют для перемещения вскрышных пород в отвалы и для транспортирования полезного ископаемого к потребителю.

На горных предприятиях получили распространение гидротранспортные установки, схемы которых приведены на рис. 27.1.

Гравитационные самотечные гидротранспортные установки (рис. 27.1 *а)* применяют на шахтах и карьерах для транспорта породы и полезного ископаемого 1 по трассам с уклоном не менее 0,03, производительностью по гидросмеси до 600 м^3/ч.

Гравитационные гидротранспортные установки с вертикальным участком трубопровода (рис. 27.2, б) используют для подачи в шахту закладочных материалов 2 при грузопотоках по гидросмеси до 150 $м^3$ /ч.

Гидротранспортные установки (рис. 27.3, в) с искусственным напором, создаваемым насосом 3, применяют для транспортирования полезного ископаемого по горизонтальным, наклонным и вертикальным трассам при грузопотоках до 1600 м3/ч. Высота подъема, приходящаяся на один насос 3, может достигать 300 м, длина горизонтальных установок 12 км.

Гидротранспортные установки (рис. 27.1 г) с насосом 4, подающим в трубопровод *6* воду, и питателем 5, направляющим груз в трубопровод после насоса, применяют для подъема груза на большую высоту (до 500 м) при грузопотоках до 600 $м^3$/ч, однако имеются установки такого типа производительностью до 1600 $м^3$ /ч с длиной до 10 км.

Существуют гидротранспортные установки, транспортирующие измельченный уголь на сотни километров.

Гидроэлеваторы (см. рис. 27.1, д) применяют для обслуживания небольших грузопотоков при малых расстояниях и невысоких напорах. Эрлифты используют для подъема дробленых материалов из шахт и рудников.

Перемещение гидросмеси при самотечном транспорте происходит либо прямо по почве, либо по канавкам или желобам. Желоба укладывают на почву внахлестку с уклоном от 0,03 до 0,08.

Для гидротранспортных установок с искусственным напором используют трубопроводы, собираемые из стальных цельнотянутых или сварных труб длиной 2-6 м и диаметром до 600 мм.

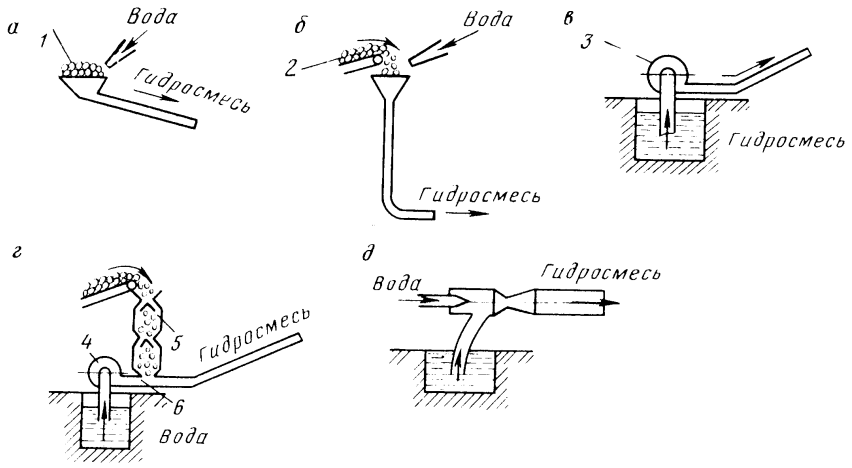


Рис.27.1. Схемы гидротранспортных установок:
а – самотечная; *б* – самотечная с вертикальным трубопроводом; *в* – с насосом для гидросмеси; *г* – с насосом и питателем; *д* – гидроэлеваторная

Трубы между собой соединяют фланцами или специальными быстроразъемными безболтовыми соединениями. Трубопроводы оборудуют задвижками и вентилями.

Для предохранения насосов 3 и 4 (см. рис. 271, *в, д)* от гидроударов при внезапной их остановке на трубопроводах предусматривают обратные клапаны.

Насосы для гидросмеси могут быть центробежными, поршневыми или плунжерными. Наибольшее распространение получили центробежные.

Основные их отличия от центробежных насосов для воды заключаются в наличии рабочих колес с малым числом лопаток и большими пропускными отверстиями. Детали таких насосов выполняют из износостойких материалов, в корпусах предусматривают люки с крышками для осмотра и очистки рабочего колеса в случае его забивки транспортируемым материалом.

Для гидротранспортных установок с насосом и питателем используют обычные водяные насосы, как правило, центробежные. В установках этого типа транспортируемый материал подают в напорный трубопровод с помощью различного типа питателей (загрузочных аппаратов) непрерывного или цикличного действия.

Во избежание забивки трубопровода материалом должно выполняться условие $D \geq 3a_{max}$, где D – диаметр трубопровода, мм; a_{max} –максимальный размер наибольшего куска транспортируемого груза, мм.

Скорость гидросмеси должна быть такой, чтобы в процессе гидротранспорта не происходило осаждение крупных кусков материала.

Такая скорость называется критической, и ее можно принимать на основе экспериментальных данных по табл. 27.1.

Таблица 27.1

Диаметр трубопровода, мм	Рекомендуемая критическая скорость, м/с				
	Глинистые материалы	Песчано-глинистые материалы	Песок	Дробленая руда, гравий, щебень	Рядовой уголь
200	1,6	1,9	2,4	3,0	2,0
300	1,8	2,1	2,9	3,5	2,5
400	2,2	2,4	3,4	4,3	3,0
500	2,5	3,0	3,8	4,8	3,3
600	2,7	3,2	4,1	5,3	3,6

Пневмотранспортные установки большого распространения на горных предприятиях не получили, однако могут использоваться для транспорта мелкокусковых и пылевидных горных пород и руд. Наиболее широко их используют для доставки закладочных пород.

Основные элементы пневмотранспортных установок: трубопроводы, воздуходувки или компрессоры, закладочные машины и отделители.

Трубопроводы собирают из чугунных или стальных труб диаметром 50–250 мм. Скорость аэросмеси в пневмотранспортных установках достигает 10-20 м/с, что вызывает повышенный износ труб, поэтому используют толстостенные (до 12 мм) трубы. На поворотах внутренние стенки труб футеруют вкладышами из базальта или твердых сплавов.

Питатели, или как их принято называть закладочные машины, предназначены для загрузки трубопроводов транспортируемым грузом. Применяют закладочные машины цикличного и непрерывного действия.

Закладочные машины цикличного действия основаны на принципе шлюзования груза при передаче его из загрузочной камеры в камеру высокого давления. В напорный трубопровод груз подается с помощью лопастного питателя.

В питателях барабанного типа транспортируемый груз из загрузочной воронки попадает в ячейки вращающегося барабана, и при сообщении ячеек с напорным трубопроводом груз из них выдувается сжатым

воздухом, благодаря чему осуществляется практически непрерывная подача груза.

Отделители (разгрузочные устройства) представляют собой камеру большого объема с площадью поперечного сечения, в 50–100 раз превышающего площадь поперечного сечения трубопровода, в результате чего при входе груза в отделитель скорость воздушной струи падает до 0,2–0,8 м/с и груз осаждается на дно отделителя, откуда выгружается барабанным питателем, встроенным в днище отделителя.

Установлено, что для надежного транспортирования частиц материала в потоке воды по трубе необходимо соблюдать определенное соотношение твердой и жидкой составляющих гидросмеси (смеси воды с транспортируемым грузом) по объему.

Это соотношение называют консистенцией гидросмеси:

$$S^1 = V_T / V_Ж , \qquad (27.1)$$

где V_T — объемная производительность по горной массе, м^3/ ч; $V_Ж$ – объемный расход жидкости, м^3/ ч.

Для гидротранспорта рядового угля, породы и дробленой руды рациональная консистенция гидросмеси составляет 1/2 — 1/4; для зернистых материалов и пылевидных – 1/2 – 1/2,5.

Производительность $V_Г$ (м^3/ч) гидротранспортной установки по гидросмеси

$$V_Г = 3600Fv = 3600\,(\pi D^2/4)v, \qquad (27.2)$$

где $F = \pi D^2/4$ – площадь поперечного сечения трубопровода диаметром D, м; v— скорость движения гидросмеси, м/с.

Транспортные комплексы горных предприятий

Транспортным комплексом называют управляемую систему транспортных машин, установок и вспомогательного оборудования (перегрузочные, погрузочные, разгрузочные устройства, средства диспетчеризации и автоматизации), предназначенную для перемещения насыпных грузов по определенной трассе в заданном направлении.

На шахтах в зависимости от места расположения машин и оборудования и от их назначения различают комплексы: участковые, магистральные, околоствольных дворов, поверхности шахт, закладочные для транспортирования закладочных материалов.

Участковые транспортные комплексы размещаются в горизонтальных, наклонных и вертикальных выработках в пределах добычного участка и предназначаются для транспортирования полезного ископаемого от очистного угольного забоя или места выпуска отбитой руды до основного горизонта шахты, полезного ископаемого и породы или только породы из проходческих забоев до основного горизонта, оборудования и вспомогательных грузов и перевозки людей на участке.

Магистральные транспортные комплексы размещаются в главных горизонтальных и наклонных выработках и предназначаются для транспортирования полезного ископаемого и породы от участковых транспортных комплексов до околоствольного двора, а также вспомогательных грузов и людей от околоствольного двора к участковым выработкам.

Транспортные комплексы *околоствольных* дворов, включающие большое количество вспомогательных транспортных устройств (толкателей, опрокидывателей и др.), предназначаются для приема полезного ископаемого и породы и перегрузки их в средства подъема, а также для приема вспомогательных грузов с поверхности и направления их к забоям.

Транспортные комплексы *поверхности шахт* предназначаются для приема полезного ископаемого и породы от ствола шахты до средств внешнего транспорта или до мест их складирования (складов полезного ископаемого, отвалов породы и др.). Эти комплексы помимо транспортных машин предусматривают погрузочные, перегрузочные и разгрузочные устройства, устройства для выполнения маневровых операций, складское транспортное оборудование и др.

Закладочные комплексы предназначаются для транспортирования закладочных материалов с поверхности до мест закладки выработанного пространства в шахте. Закладочные комплексы состоят из оборудования для приготовления закладочных материалов, расположенного, как правило, на поверхности шахты, и из системы транспортных машин или устройства для доставки закладочных материалов к месту закладки.

Выбор машин и оборудования, входящих в транспортный комплекс карьера, зависит от типа погрузочной машины (обычно экскаватора), характеристики груза и величины грузопотока.

Так, например, при разработке рыхлых пород экскаваторами непрерывного действия транспортные комплексы обычно состоят из

нескольких последовательно установленных конвейеров, технологически связанных общим грузопотоком. Последним звеном такого комплекса может быть отвалообразователь. Передачу грузопотока с одной машины на другую осуществляют различными перегружателями, перегрузочными тележками, самоходными бункерами и т.д.

Наиболее сложные комплексы используют при обслуживании грузопотока одного направления различными видами транспортных машин. Например, широкое распространение при разработке скальных пород и руд получил комплекс, в состав которого входит автотранспорт, осуществляющий перевозку горной массы от одноковшового экскаватора до перегрузочного пункта на подъемный ленточный конвейер. Перегрузочный пункт включает в себя бункер, питатели, дробилку, конвейеры небольшой длины (3–5 м) для подбора просыпающегося при перегрузке мелкого материала. Подъемный конвейер передает горную массу на магистральный или отвальный конвейер, а последний – на отвалообразователь.

В комплексы железнодорожного транспорта кроме подвижного состава входит оборудование для механизации погрузочных и разгрузочных работ: бункеры, маневровые устройства, опрокидыватели.

Лекция 28

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН НА ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Развитие и совершенствование транспортных средств на горных предприятиях связано главным образом с ростом грузопотоков, которые на отдельных трассах достигают десятков миллионов тонн горной массы в год.

Производительность забойных скребковых конвейеров уже превысила 1000 т/ч, а мощность приводов достигает нескольких сот киловатт. Намечается дальнейшее повышение прочности рештачного става, использование более высокопрочных цепей для скребкового рабочего органа. В последних моделях скребковых конвейеров во избежание заштыбовки цепи выносят из направляющих пазов ближе к оси конвейера. Скребковый конвейер становится неотъемлемой частью угледобывающих комплексов и агрегатов.

Возрос ассортимент типов и типоразмеров подземных ленточных конвейеров. Все более широкое распространение получают телескопиче-

ские ленточные конвейеры, принимающие уголь из очистных забоев. В современных телескопических конвейерах раздвижность достигает 50 м.

Современные магистральные ленточные конвейеры для открытых горных работ характеризуются весьма высокой производительностью (до 30000 т/ч), большой мощностью приводной станции (до 10000 кВт), использованием весьма высокопрочных лент (до 75000 Н/мм). В весьма мощных конвейерах перспективным считается применение безредукторных приводов с вентильными тихоходными лями. В этих приводных станциях вал тягового барабана соединяется непосредственно с валом ротора электродвигателя.

С целью увеличения типоразмеров конвейеров при относительно небольших затратах проводится глубокая унификация сборочных единиц ленточных конвейеров и разрабатываются унифицированные блоки.

Дальнейшее развитие и совершенствование конвейерного транспорта будут идти в направлении создания крутонаклонных ленточных конвейеров. В настоящее время отечественной промышленностью освоено производство крутонаклонного конвейера 2ЛН100, обеспечивающего транспортирование горной массы по трассам с углами наклона до 25°. Расширению области применения конвейерного транспорта будет способствовать освоение производства конвейеров, перемещающих крупнокусковые грузы с размером кусков более 500 мм. В этом отношении перспективен ленточно-тележечный конвейер конструкции чл.-корр. АН СССР А.О. Спиваковского. Отличительной особенностью такого конвейера является то, что грузовая ветвь конвейерной ленты поддерживается ходовыми тележками, в результате чего исключается шевеление груза в процессе движения ленты. Эксплуатация таких конвейеров показала, что они могут перемещать грузы практически любой крупности, соизмеримой с шириной ленты.

Рост конвейеризации на шахтах требует решения проблемы доставки вспомогательных грузов. Для этих целей перспективными считаются монорельсовые дороги с дизельным монорельсовым локомотивом. Их грузоподъемность до 7 т, они могут работать на уклонах до 30°.

Такие локомотивы оборудуют взрывобезопасными дизельными двигателями, снабженными системой очистки выхлопных газов.

Совершенствование локомотивного транспорта будет идти по пути более широкого использования секционных поездов, локомотивов с тиристорным управлением, применения более совершенных тормозных средств, создания систем автоматического вождения поездов.

Карьерный транспорт характеризуется высокими темпами развития автомобильного транспорта. К настоящему времени больше половины всей горной массы на открытых разработках перевозится автосамо-

свалами. Отечественной промышленностью освоено производство карьерных автосамосвалов грузоподъемностью до 180 т, причем автосамосвалы серии БелАЗ грузоподъемностью 110 и 180 т по основным техническим параметрам соответствуют лучшим зарубежным образцам. Проектируются автосамосвалы грузоподъемностью 230 и 320 т.

Отечественный карьерный железнодорожный транспорт быстрыми темпами оснащается тяговыми агрегатами, обеспечивающими перевозку составов грузоподъемностью более 1000 т и преодолевание уклонов до 70°/оо.- Эксплуатация тяговых агрегатов показала их высокую эффективность. Очевидно, что тяговые агрегаты в ближайшее десятилетие будут основным типом локомотивов с электрическим питанием.

Конвейерный транспорт на открытых разработках до настоящего времени не получил широкого распространения. Общий объем перевозок ленточными конвейерами на карьерах не превышает 5%. Однако, несмотря на его столь ограниченное использование, ленточные конвейеры весьма перспективны, особенно в системах циклично-поточной технологии. Конвейерный транспорт наиболее выгодно использовать для подъема горной массы из глубоких карьеров. При глубине карьера более 100 м он обеспечивает самую низкую себестоимость транспортирования. Основное направление совершенствования ленточных конвейеров – повышение качества конвейерных лент, роликов и других узлов. Расширению области использования конвейеров на карьерах будет способствовать освоение отечественной промышленностью производства самоходных дробильных агрегатов или полустационарных дробилок для дробления горной массы с последующей передачей ее на систему ленточных конвейеров. Некоторые зарубежные фирмы изготовляют полустационарные дробильные агрегаты производительностью до нескольких тысяч тонн в 1 ч. Использование таких агрегатов позволяет создавать поточные конвейерные линии от экскаваторного забоя до поверхности.

Касаясь нетрадиционных видов транспорта, которые в последнее время разрабатываются некоторыми институтами, – трубопроводного пневмоконтейнерного и конвейерных поездов, следует отметить их ограниченное использование вследствие сложности организации разгрузки транспортных сосудов.

Пневмоконтейнерный транспорт представляет собой систему, состоящую из трубопровода диаметром 1000–1600 мм, по которому перемещаются под действием сжатого воздуха сосуды (контейнеры). В конечных пунктах происходят загрузка и разгрузка контейнеров. Эксплуатация первых пневмоконтейнерных установок показала, что они могут использоваться на горизонтальных или слабонаклонных трассах при перевозке сортированных сыпучих грузов.

Конвейерный поезд представляет собой состав, собранный из отдельных секций, кузова которых не имеют торцовых стенок и образуют гибкий глубокий желоб. Поезд передвигается по рельсам при помощи приводных устройств, установленных вдоль рельсового пути. Приводные устройства могут быть фрикционного типа или магнитные в виде линейных электродвигателей. Приводные устройства располагают с интервалом, несколько меньшим длины состава, и состав как бы передается от одного приводного устройства к другому. Такие транспортные системы иногда называют эстафетными. Загрузка состава может производиться непрерывно. Разгрузка производится опрокидыванием либо всего состава, либо только кузовов секций.

Лекция 29

ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ И ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ТУРБОМАШИН

Применяемые в горной промышленности турбомашины: насосы, предназначенные для откачки и подачи воды; вентиляторы, осуществляющие вентиляцию горных выработок; турбокомпрессоры, вырабатывающие сжатый воздух, характеризуются единым принципом работы. В зависимости от направления потоков жидкости относительно оси вращения рабочего колеса они бывают центробежными, осевыми и меридиональными (диагональными). В горной промышленности последняя группа турбомашин имеет ограниченное применение. Осевые турбомашины используют на горных предприятиях в основном в качестве вентиляторов.

Центробежная турбомашина (рис. 29.1, а, б) состоит из рабочего колеса 2 с лопатками 5, закрепленного на валу 4, подводящего устройства 7, спирального улиткообразного отводящего устройства 3 и диффузора 6.

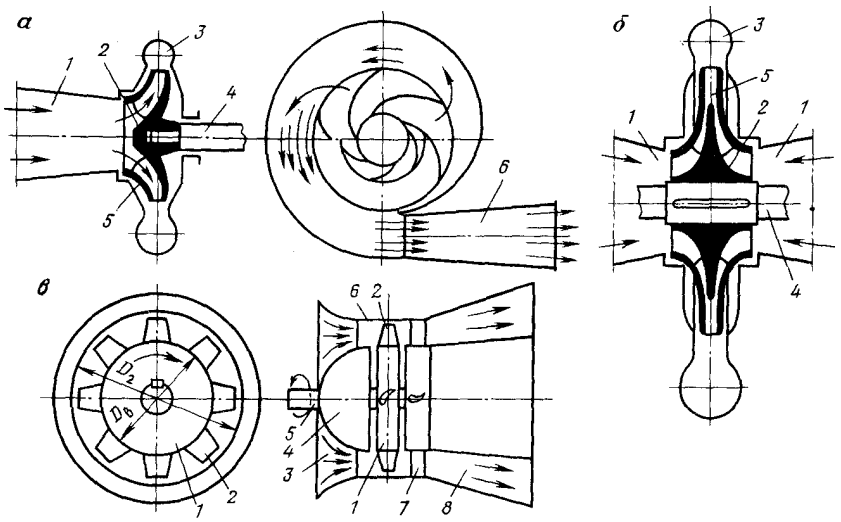


Рис. 29.1. Турбомашины:
а – центробежная с односторонним всасыванием;
б – центробежная с двусторонним всасыванием; *в* – осевая

Поток жидкости подводится к рабочему колесу в осевом направлении, и при входе в последнее изменяет свое направление, и в межлопаточных каналах колеса движется уже в радиальном направлении, перемещаясь вдоль лопаток от входа в колесо к выходу из него.

Центробежная турбомашина может иметь рабочее колесо одностороннего всасывания, т.е. с подводом жидкости к колесу с одной стороны (см. рис. 29.1 а), и с двусторонним всасыванием, т.е. с двусторонним подводом жидкости для увеличения подачи (см. рис. 29.1 б*)*.

Осевая турбомашина (рис. 29.1 в) состоит из рабочего колеса 1 с лопатками 2, вала *5,* кожуха 6 с входным устройством (коллектором) 3*,* переднего обтекателя 4*,* выходного устройства – спрямляющего ап-парата 7 и диффузора 8. Спрямляющий аппарат, устанавливаемый за рабочим колесом, служит для раскручивания потока жидкости, выходящего из колеса закрученным. В осевой турбомашине поток жидкости подводится к рабочему колесу и отводится от него в осевом направлении. Рабочее колесо турбомашины, являясь основным ее элементом, получает от двигателя энергию и передает ее посредством лопаток потоку жидкости, увеличивая при этом ее давление (напор).

Для уменьшения завихрений потока жидкости при входе и безударного входа в рабочее колесо перед ним у осевых турбомашин устанавливается специальный обтекатель 4 (см. рис. 29.1 в), у центробежных обтекатель выполняется заодно с рабочим колесом (см. рис. 29.1, д). Для увеличения давления (напора) применяются турбомашины с последовательным соединением нескольких колес, при котором жидкость проходит через все рабочие колеса и расположенные между ними невращающиеся лопаточные направляющие аппараты, где кинетическая энергия жидкости частично преобразуется в потенциальную. Осевые шахтные турбомашины выполняются только с последовательным соединением рабочих колес.

Рабочие процессы в насосах и вентиляторах сходны, так как протекают при постоянной плотности жидкости: вода практически не сжимается, и плотность воздуха тоже можно принять при давлениях, развиваемых вентиляторами, постоянной.

Шахтные водоотливные установки

Водоотливная установка – это комплекс технических средств для удаления воды из горных выработок и выдачи ее на поверхность. Для откачки подземных вод применяют водоотливные установки, которые в зависимости от назначения подразделяют на центральные, главные, участковые, вспомогательные, перекачные, проходческие и скважинные.

Центральная водоотливная установка предназначается для откачки воды из нескольких шахт; главная водоотливная установка – для выдачи непосредственно на поверхность притока воды всей шахты; участковые – для откачки воды из выработок какого-либо участка шахты или рудника в главный водосборник или на поверхность; вспомогательные, располагаемые на участках, уклонах, зумпфах, – для перекачки воды в водосборник главной и центральной водоотливной установки; перекачные, применяемые при волнистой почве пласта, – для откачки воды из участков в водосборник главной водоотливной установки.

Проходческими называют водоотливные установки, применяемые при проходке уклонов, наклонных и вертикальных стволов шахт. Они перемещаются по мере подвигания забоя или понижения уровня воды. При проходке уклонов перекачивают воду в водосборник главной водоотливной установки, а при проходке наклонных и вертикальных стволов выдают ее на поверхность.

Установки для понижения грунтовых вод называются скважинными.

Центральные, главные, вспомогательные и участковые водоотливные установки, как правило, размещаются в специальных камерах и являются стационарными.

При проведении горных выработок применяют передвижные водоотливные установки.

Водоотливные установки (рис. 29.2) оборудуются в основном центробежными насосами. Установка состоит из насоса 1 с двигателем, всасывающего трубопровода 9 с приемной сеткой 11 и клапаном 10, нагнетательного трубопровода 5 с задвижкой 3 и обратным клапаном 4, трубки 6 с вентилем 7 для заливки водой насоса перед его пуском. Давление во всасывающем 9 и нагнетательном 5 трубопроводах измеряется вакуумметром 8 и манометром 2.

Вертикальное расстояние от уровня воды в заборном резервуаре (колодце) до оси насоса называется геодезической (геометрической) высотой всасывания $h_{вс}$, а вертикальное расстояние от оси насоса до сливного отверстия трубопровода – геодезической (геометрической) высотой нагнетания $h_н$. Сумма геодезических высот всасывания и нагнетания есть геодезическая (геометрическая) высота подачи, которая по существу является полной геодезической высотой водоподъема.

Центробежные насосоприменяемые на горных предприятиях классифицирующихся по следующим признакам.

По назначению – для чистой воды и специальные (углесосы, шламовые, грунтовые, песковые и др.).

Специальные насосы отличаются от обычных наличием защитных устройств, обеспечивающих более долговечную работу агрегата при транспортировании агрессивной жидкости или гидросмеси.

По числу ступеней- одно- и многоступенчатые. Одноступенчатые насосы используют для оборудования вспомогательного водоотлива, а также для заливки главных насосов перед их пуском, многоступенчатые насосы – в главном водоотливе.

По характеру соединения рабочих колес – одно- и многопоточные.

По конструкции корпуса – цельнокорпусные, секционные и спиральные (с горизонтальным разъемом корпуса).

По расположению вала насоса – горизонтальные и вертикальные.

По расположению опор и рабочих колес- консольные, с вынесенными и встроенными в корпус опорами.

По размещению насоса относительно водоисточника – поверхностные, устанавливаемые у водосборников; подвесные (проходческие и зумпфовые); скважинные, используемые в системах дренажа шахтных полей, а также при добыче чистой воды для питья и технических нужд.

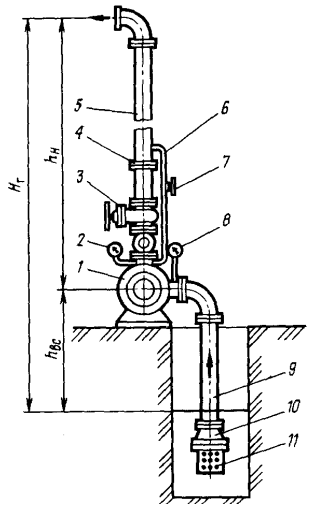


Рис. 29.2. Схема водоотливной установки

В главных насосных установках шахт и рудников широкое распространение получили горизонтальные центробежные секционные насосы (рис. 29.3) типа ЦНС (центробежный насос секционный), имеющие вертикальный разъем корпуса. Каждая секция имеет корпус 4 с направляющим аппаратом 5 и рабочее колесо *6* одностороннего всасывания. Рабочие колеса устанавливаются на одном валу 7, а корпуса секций вместе с крышками всасывания 8 и нагнетания 3 соединены стяжными шпильками 7 и образуют единый герметичный корпус насоса. Места выхода вала 1 из корпуса насоса герметизируются сальниковыми уплотнениями 2.

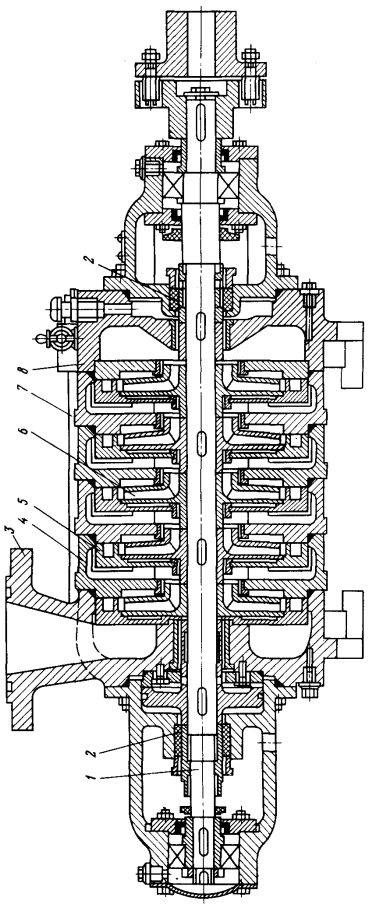


Рис. 29.3. Центробежные секционные насосы типа ЦНС

При работе насоса жидкость последовательно проходит через все рабочие колеса, получая в каждой секции приращение напора. Жидкость из одной секции (ступени) в другую перетекает по каналам неподвижных лопаточных направляющих аппаратов.

В обозначениях типоразмеров насосов ЦНС цифры после букв:

первая – подача ($м^3$/ч) при максимальном значении к.п.д.; через дефис – напоры (м) – наименьший и наибольший. Если насос предназна-

чен для откачки кислотных вод, то добавляется буква К, для грязевых насосов – буква Г.

В настоящее время для шахт и рудников промышленностью выпускаются следующие насосы:

с частотой вращения (синхронной) 25 $с^{-1}$: ЦНС 60-50 . . . 250, ЦНС 180-85 . . . 425, ЦНС 300-120 . . . 600, ЦНСК 300-120 . . . 600 ЦНСГ 850-240 .. . 960;

с частотой вращения (синхронной) 50 $с^{-1}$ ЦНС 38-44 . . . 220, ЦНС 60-66 . . . 330, ЦНС 105-98 . . . 490, ЦНС 180-500 . . . 900, ЦНС 300-650.. . 1040, ЦНСК 60-66 . . . 330.

Направляющие аппараты и рабочие колеса центробежных насосов ЦНС и ЦНСГ чугунные (СЧ21 или СЧ28). Корпус направляющего аппарата может быть также чугунным или из сталей марок 35Л и 40ХН.

В насосах ЦНСК, предназначенных для откачки кислотных шахтных вод температурой от 1 до 40° С с содержанием механических примесей не более 0,2% по массе и размером частиц 0,2 мм, опорные кронштейны выполняются из чугуна, уплотняющие кольца, направляющие аппараты, втулки разгрузки – из пресс-материала АГ-4В, остальные детали - из хромоникелевой стали.

Для привода насосных установок в основном применяют асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором в нормальном исполнении единой серии А и АО на напряжение 380/660В.

Для водоотливных установок, работающих во взрывоопасных условиях, выпускаются электродвигатели серий МА, КО и ВАО на напряжение 380/660 В и продуваемые под избыточным давлением электродвигатели повышенной надежности серий А, АО, АП, АЗП; взрывонепроницаемые двигатели серии ВАО мощностью до 1600 кВт и серии «Украина» мощностью 630 кВт на напряжение 6000 В.

Насос в процессе работы должен обеспечивать необходимые подачу, экономичность и устойчивость режима работы. Необходимая подача обеспечивается, если

$$Q_Д \geq Q_P , \qquad (29.1)$$

где $Q_Д$ - подача насоса в действительном режиме работы, $м^3/ч$; Q_P – расчетная производительность водоотливной установки, определяемая по притоку воды в водосборник, $м^3/ч$.

Экономичность режима работы обеспечивается эксплуатацией насоса в зоне высоких к.п.д., которая определяется из условия

$$\eta_Д \geq \eta_{max} , \qquad (29.2)$$

где $\eta_Д$ – к.п.д. насоса в действительном режиме работы; η_{max} – максимальный к.п.д. насоса.

Устойчивость режима работы означает отсутствие значительных его колебаний и автоматическое восстановление режима после устранения причин, вызвавших его изменение. Это требование обеспечивается наличием только одной точки пересечения характеристики внешней сети H_c с напорной характеристикой насоса H. Устойчивость режима может быть обеспечена при выполнении условия

$$H_Г \leq 0{,}9H_o, \qquad (29.3)$$

где H_o – напор насоса при нулевой подаче, м; $H_г$ – геодезическая высота подъема жидкости, м.

Если нельзя выбрать один насос, режим работы которого в заданных условиях эксплуатации удовлетворял бы условиям (29.1–29.3), то используют совместную работу нескольких насосов на общую внешнюю сеть. Насосы при этом могут работать последовательно или параллельно.

Последовательное соединение насосов применяют при больших сопротивлениях внешних сетей.

Водоотливные установки с несколькими последовательно соединенными насосами называются многоступенчатыми. В многоступенчатых установках насосы могут располагаться в одной насосной камере или быть рассредоточены по трассе трубопровода.

Заводы гарантируют нормальную работу насосов при давлении в корпусе, не более чем в 2 раза превышающем номинальное. Размещать в одной насосной станции более двух последовательно взаимодействующих насосов нельзя.

При установившемся режиме работы последовательно соединенных насосов выполняются условия

$$Q_{\sum} = \sum_{i=1}^{N} Q_i \quad \text{и} \quad H_{\sum} = \sum_{i=1}^{N} H_i, \qquad (29.4)$$

где $Q_{\sum}$ и $H_{\sum}$ – соответственно суммарные подачи и напор последовательно соединенных насосов; Q_i и H_i – подача и напор отдельных насосов; N – число последовательно соединенных насосов.

Когда невозможно выбрать один насос, обеспечивающий условие (29.1), то используется параллельное соединение насосов для увеличения подачи.

При установившемся режиме работы напор, создаваемый каждым насосом, будет одинаков, т.е. $H_1=H_2=\ldots=H_i=\ldots H_{\sum}$, а общая подача будет равна сумме подач отдельных насосов, как и при их последовательном соединении.

Водоотливные установки в зависимости от подачи оборудуются трубопроводом диаметром от 100 до 600 мм при откачивании воды под давлением 1-10 МПа. Для трубопроводов применяются стандартные стальные трубы и реже чугунные (при давлении воды до 1 МПа), соединяемые между собой подвижными или неподвижными фланцами.

В качестве прокладок при соединении труб используется резина или прорезиненный материал; при высоких напорах применяют прокладки из свинца или красной меди, иногда трубы соединяют электросваркой.

Трубопровод оборудуется арматурой, в состав которой входят: приемный клапан с сеткой (на всасывающем трубопроводе), обратный клапан, запорная задвижка с ручным или гидравлическим приводом, температурный сальниковый компенсатор, тройники и др.

Главные и центральные водоотливные установки должны иметь два нагнетательных трубопровода, из которых один резервный.

При расчетах трубопроводов устанавливаются внутренний диаметр, толщина труб и величина потерь напора в трубопроводе.

Внутренний диаметр (м) трубопровода

$$d_в = \frac{4Q}{3600\pi v_т}, \qquad (29.5)$$

где Q – расход воды через трубопровод, м^3; v_T – скорость воды в трубопроводе, м/с.

Обычно в нагнетательном трубопроводе v_T = 2–2,5 м/с, во всасывающем v_T = 0,9–1,2 м/с.

В соответствии со значением d_B, полученным по формуле (29.4), производится выбор трубы стандартных размеров.

Водоотливные установки являются автоматизированными. Для автоматизации их работы в зависимости от уровня воды в водосборнике используют поплавковые и электродные датчики уровня. Наибольшее распространение получили электродные датчики типа ЭД, которые подвешиваются на кабеле на отметках водосборника, соответствующих контролируемым уровням воды.

Реле подачи насоса осуществляет, наряду с контролем подачи насоса, его гидравлическую защиту - блокировку от включения незалитого насоса и отключение работающего насоса при потере им подачи.

Для автоматизации стационарных водоотливных установок выпускается автоматизированная аппаратура управления АВ-5 и АВ-7 – для участкового водоотлива, АВО-3 – для одиночного водоотлива, АВМ-1м – для водоотливных установок с низковольтными двигателями,

УАВ – для главных водоотливов с низковольтными двигателями, ВАВ – для главных водоотливов шахт, опасных по газу и пыли.

Взрывобезопасная аппаратура типа ВАВ предназначена для автоматического управления водоотливными установками, имеющими до девяти насосных агрегатов с высоко- и низковольтными двигателями. Автоматическое управление насосными агрегатами осуществляется по уровню воды в водосборнике. В зависимости от заданной программы насосные агрегаты включаются при верхнем, повышенном и аварийном уровнях. При отключении неисправного насосного агрегата включается резервный. Насосы могут работать с управляемыми задвижками и без них.

Специальные насосы предназначены для подачи в шахту технической воды для питания механогидравлических машин и для гидроподъема из шахты смеси твердого материала (как правило, угля) и воды при гидравлическом способе добычи угля, транспортирования гидравлической закладки в выработанное пространство, очистки зумпфов и водосборников от шлама, транспортирования гидросмесей на обогатительных фабриках и др.

Для перекачивания технической оборотной воды на гидрошахтах используют в основном насосы ЦНСГ 850-240 . . . 960. Вода должна быть нейтральной с содержанием примесей на более 40 г/л при размерах твердого не более 10 мм и иметь температуру от 1 до 40°С.

Для гидроподъема и гидротранспорта применяются углесосы (специальные центробежные насосы), которые позволяют перекачивать и транспортировать угольную гидросмесь при отношении твердых материалов крупностью от 70 до 100 мм к жидкому по массе не более 1:3 ... 1:5. Технические данные углесосов, выпускаемых отечественной промышленностью, приведены в табл. 29.1.

Таблица 29.1

Тип	Подача, $м^3/ч$	Напор, м	Мощность, кВт	Крупность частиц твердого, мм, не более	Содержание породы, %, не более	Т:Ж по массе, не более
10У4	350	120	315	70	15	1:5
12У10	900	85	315	90	15	1:3
12У6	900	175	1000	100	25	1:3
14УВ6	900	320	1600	100	15	1:3

Первая цифра в шифре типа углесосов обозначает диаметр всасывающего патрубка в миллиметрах, уменьшенный в 25 раз. Углесосы имеют проточную часть, элементы которой изготовляются из материалов, особо устойчивых к абразивному износу. Углесосы 10У4, 12У10 и 12У6 представляют собой горизонтальные одноступенчатые центробежные насосы, а углесос 14УВ6 – двухступенчатый центробежный насос с горизонтальным разъемом корпуса. Коэффициент полезного действия специальных насосов ниже, чем у обычных, и составляет для углесосов 0,53–0,68.

Лекция 30

ШАХТНЫЕ ВЕНТИЛЯТОРЫ. ШАХТНЫЕ КОМПРЕССОРЫ

Вентиляторы относятся к классу турбомашин. В горной промышленности широкое распространение получили центробежные и осевые вентиляторы. Вентиляторы – основные функциональные элементы вентиляторных установок, включающих в себя также подсоединенные к вентилятору (вентиляторам) электродвигатели, входные и выходные устройства (подводящие каналы, диффузор, выходную часть) и вспомогательные устройства для переключения и реверсирования воздушной струи, а также пускорегулирующую и контролирующую аппаратуру и звукопоглощающие устройства.

Вентиляторные установки по назначению делятся на главные, вспомогательные и местного проветривания.

Главные вентиляторные установки служат для проветривания всех действующих выработок шахты, рудника или карьера. Они работают по всасывающей, нагнетающей и комбинированной схемам вентиляции.

Вспомогательные вентиляторные установки предназначены для проветривания стволов и капитальных выработок при их проходке, а также отдельных участков горного предприятия.

Вентиляторные установки *местного проветривания* используют для вентиляции тупиковых выработок, забоев и отдельных застойных зон. В соответствии с назначением вентиляторных установок подразделяются и вентиляторы: главного проветривания, вспомогательные и местного проветривания.

Центробежные вентиляторы главного проветривания в соответствии с ГОСТ 11004–84 изготовляются одноступенчатыми с односторонним ВЦ и двусторонним ВЦД подводом воздуха с диаметрами рабочих колес от 1,5 до 4,7 м, номинальной подачей воздуха от 10 до 630 м/с и номинальным статическим давлением от 2400 до 7000 Па.

Вентилятор состоит из корпуса, ротора, направляющих и спрямляющих аппаратов, с присоединенными коллектором и входной коробкой.

Конструктивные особенности вентиляторов обусловлены числом сторон всасывания и расположением рабочего колеса относительно подшипниковых опор, которые могут быть консольными и центральными.

Консольное расположение рабочего колеса применяется в вентиляторах одностороннего всасывания малых типоразмеров.

Центральное расположение рабочего колеса используется в вентиляторах двустороннего всасывания больших типоразмеров.

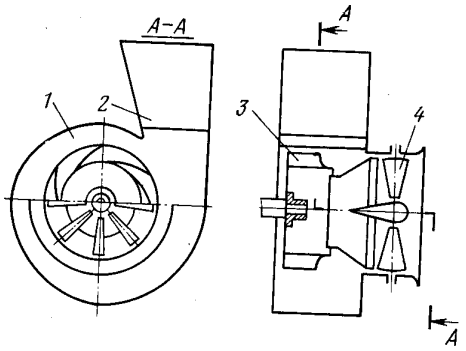


Рис. 30.1 Схема центробежного вентилятора одностороннего всасывания

Схема центробежного вентилятора одностороннего всасывания показана на рис. 30.1.

Спиральные корпуса вентиляторов 1 малых типоразмеров выполнены в виде сварных конструкций из листовой и уголковой стали. Крупные вентиляторы имеют корпуса, выполненные частично из металла, а частично (нижняя часть корпуса) из железобетона.

Рабочее колесо 3 состоит из ступицы, переднего и заднего дисков, между которыми установлены лопатки крыловидной формы. Неподвижный осевой направляющий аппарат 4 служит для регулирования режима работы вентилятора. Он имеет плоские лопатки, которые с помощью механизма одновременного поворота могут быть повернуты от +90° (всасывающее отверстие перекрыто) до 0° (лопатки установлены в плоско-

сти оси вала) и далее до -10 или -30°. При углах от 0 до +90° воздух в осевом направляющем аппарате закручивается в сторону вращения рабочего колеса, снижая давление, подачу и потребляемую вентилятором мощность. При установке лопаток на отрицательный угол воздух закручивается против направления вращения рабочего колеса, что приводит к увеличению давления и подачи вентилятора.

При угле установки лопаток 90° они полностью перекрывают всасывающее отверстие вентилятора. Такая установка лопаток применяется при запуске вентилятора.

Выходными устройствами центробежных вентиляторов служат обычно спиральные корпуса 1, формирующие поток и направляющие его от входного сечения колеса к выходному отверстию 2 вентилятора, а также частично преобразующие динамическое давление потока в статическое.

В настоящее время заводами выпускаются следующие центробежные вентиляторы одно- и двустороннего всасывания, предназначенные для главного проветривания шахт и рудников (цифра в маркировке означает размер диаметра рабочего колеса в дециметрах): ВЦ-25М, ВЦ-31,5М, ВПД-31,5М, ВЦД-47,5У, ВЦД-47,5А для проветривания стволов и околоствольных выработок; ВЦ-11М, В1ЯЦ-16 только для проветривания забоев шахтных стволов ВЦП-16.

Самым крупным отечественным центробежным вентилятором является вентилятор ВЦД-47,5А. Он имеет рабочее колесо диаметром 4750 мм, подачу в пределах рабочей зоны 90–680 м³/с, статическое давление 0–88 Па, максимальный статический к.п.д. 0,865, мощность приводных двигателей 4800 кВт. Вентилятор предназначен для глубоких труднопроветриваемых шахт и рудников, он может работать при изменении температуры окружающей среды от +50 до –50°С.

Осевые вентиляторы главного проветривания типа ВОД (вентилятор осевой двухступенчатый) выпускаются серийно с подачей от 15 до 580 *м³/с* и статическим давлением от 600 до 3200 Па и предназначены для проветривания горных предприятий с относительно небольшим сопротивлением вентиляционной сети.

Вентилятор (рис. 30.2) состоит из ротора с рабочими колесами 9 (первой и второй ступеней), корпуса 5 с направляющим 6 и спрямляющим 7 аппаратами, переднего обтекателя 11, главного вала 10, коллектора 4, трансмиссионного вала 3, диффузора 8 и тормоза 2. Ротор вентилятора соединяется с электродвигателем 1 с помощью трансмиссионного вала 3 и муфты 12.

Рабочие колеса имеют по 12 лопаток, закрепленных затворами на втулках. Затворы позволяют изменять угол установки лопаток в интервале 15–45° для регулирования подачи и давления.

Направляющий аппарат 6 раскручивает поток воздуха, выходящий из первой ступени вентилятора, и обеспечивает его подачу в рабо-

чее колесо второй ступени – под необходимым углом. Поток воздуха после второй ступени раскручивается спрямляющим лопаточным аппаратом 7. Направляющий и спрямляющий аппараты имеют по 14 поворотных лопаток, снабженных механизмом одновременного поворота.

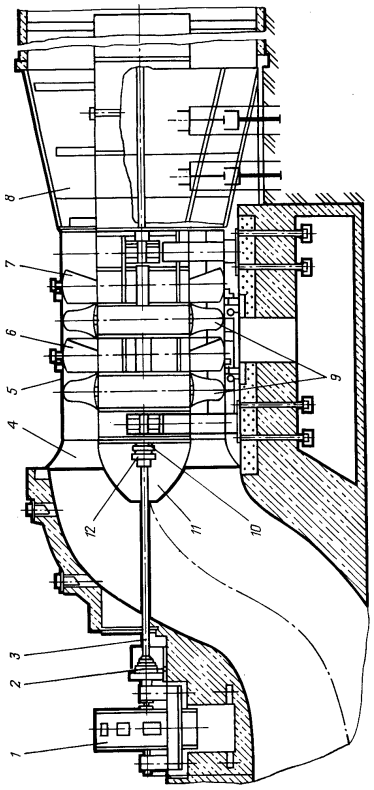


Рис 30.2 Осевые вентиляторы главного проветривания типа ВОД

Вентиляторы ВОД-ЦП и ВОД-16П предназначены для проветривания шахт и рудников малой производственной мощности. В качестве вентиляторов главного проветривания применяются реверсивные вентиляторы: ВОД-21М, ВОД-31М, ВОД41М, ВОД-50, которые имеют единую компоновочную схему: первое рабочее колесо – регулируемый направляющий аппарат; второе рабочее колесо – спрямляющий аппарат с поворотными лопатками.

Наиболее крупный из осевых вентиляторов – это вентилятор ВОД-50: диаметр рабочих колес 5000 мм, номинальная подача 310м^3/с, статическое давление в пределах рабочей зоны 880–3220 Па, потребляемая мощность 400-2100 кВт.

В качестве вентиляторов *местного проветривания* применяются в основном осевые вентиляторы с электрическим (ВМЭ-4, ВМЭ-5, ВМЭ-6, ВМ-12) и пневматическим приводами (ВМП-4, ВМП-5, ВМП-6). Вентиляторы местного проветривания должны перекрывать диапазон подач от 1 до 20 м^3/'с при номинальном полном давлении не менее 800 Па.

Для проветривания тупиковых горных выработок вентиляторы с электроприводом должны иметь взрывобезопасное исполнение. Пневматические вентиляторы применяются только в тех условиях, где не могут использоваться электрические вентиляторы.

Вентиляторы могут работать на нагнетание (нагнетательный способ проветривания) и на всасывание (всасывающий способ проветривания). При работе на всасывание (так работает большинство вентиляторов главного проветривания) используется понятие статического к.п.д., представляющего собой отношение полезной мощности $N_П$, соответствующей статическому давлению, к потребляемой мощности N:

$$\eta_{ст} = N_П / N \ . \qquad (30.1)$$

Полезная мощность (кВт)

$$N_П = 10^{-3} p_{ст} Q \ , \qquad (30.2)$$

где $p_{ст}$ – статическое давление. Па; Q – подача вентилятора, м^3/ с. С учетом (30.1) выражение (30.2) имеет вид

$$\eta_{ст} = 10^{-3} p_{ст} Q N^{-1} \ . \qquad (30.3)$$

Вентиляторы, как и насосы, должны обеспечивать необходимую подачу и обладать экономичностью и устойчивостью работы. Исходя из последних двух условий, на напорной характеристике вентиляторных установок выделяют рабочую зону.

Режим работы вентиляторной установки главного проветривания считается экономичным, если $\eta_{у.ст} \geq 0{,}6$ (рис.30.3), местного проветривания, если $\eta_{у.ст} \geq 0{,}5$.

Центробежные вентиляторные установки имеют напорную характеристику $p_{у.ст}$ (рис. 30.3, а), для которой все режимы работы устойчивы. В этой связи рабочая зона *1—2* напорной характеристики вентилятора определяется только из уровня экономичности,

Напорная характеристика осевых вентиляторов обычно седлообразная (рис. 30.3, *б)* и может в некоторых случаях иметь разрыв. Поэто-

му осевые вентиляторы в некотором диапазоне подач Q, могут иметь неустойчивый режим работы.

При малых подачах Q, где напорная характеристика $p_{у.ст}$ имеет впадины и разрывы, рабочая зона ограничивается условием устойчивости (точка 7), а при больших Q - условием экономичности (точка 2).

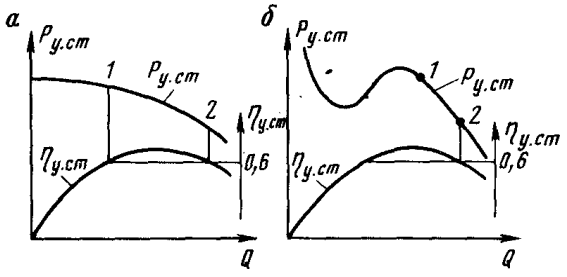


Рис.30.3 Индивидуальные характеристики вентиляторных установок с центробежным (а) и осевым *(б)* вентиляторами

Режим работы осевых вентиляторов регулируется изменением углов установки лопаток рабочих колес и направляющих аппаратов, у вентиляторов главного проветривания допускается снятие лопаток через одну на рабочем колесе второй ступени. Центробежные вентиляторы регулируются изменением углов установки лопастей направляющих аппаратов и частоты вращения рабочего колеса, а также комбинацией этих способов.

Вентиляторные установки в соответствии с ПБ должны иметь резерв по подаче от 20 до 45% и обеспечивать реверсирование воздушного потока (в случае возникновения пожара) не более чем за 10 мин, при этом подача должна составлять не менее 60% нормальной. Правила безопасности также требуют, чтобы вентиляторные установки были оборудованы двумя одинаковыми вентиляторами – рабочим и резервным.

Главные вентиляторные установки располагаются на поверхности у устья герметически закрытых стволов, шурфов, штолен, скважин.

Рабочий и резервный вентиляторы соединяются со стволом шахты системой вентиляционных каналов – подводящего, всасывающих, нагнетательных, обводных, диффузора с входной частью. Каналы выполняются в бетоне в комплексе со зданием, в котором размещаются вентиляторные агрегаты.

Центробежные вентиляторы являются нереверсивными, поэтому установки с такими вентиляторами имеют обводные каналы, по которым воздух нагнетается в шахту при изменении направления воздушной струи системой ляд или вертикальных дверей.

Большинство осевых вентиляторов типа ВОД являются реверсивными. Воздушная струя реверсируется изменением направления вращения рабочих колес и угла установки лопаток направляющих и спрямляющих аппаратов. Установка с реверсивными осевыми вентиляторами не имеет обводных каналов, реверсивных ляд, дверей, что упрощает общее устройство вентиляторных установок.

Вентиляторы главного проветривания в большинстве случаев оснащаются нерегулируемым электроприводом. При потребляемой мощности до 100–150 кВт в приводе вентиляторов используются низковольтные электродвигатели с короткозамкнутым ротором, при мощности от 150 до 350 кВт – низковольтные синхронные двигатели на напряжение 380 В. При мощности более 350 кВт применяются высоковольтные синхронные двигатели (напряжение 3000/6000 В).

Для автоматизации вентиляторных установок главного проветривания в настоящее время выпускается унифицированная аппаратура автоматизации шахтных вентиляторов УКАВ-2. С ее помощью автоматизируются установки, оснащенные одним или двумя осевыми (нереверсивными или реверсивными) или центробежными (одно- или двустороннего всасывания) вентиляторами с электроприводом от синхронных (асинхронных) двигателей низкого и высокого напряжения.

В соответствии с Правилами безопасности в угольных и сланцевых шахтах при эксплуатации главных вентиляторных установок должны измеряться их подача и давление при прямой и реверсивной работе. Для этого главные вентиляторные установки шахт третьей категории, сверх -категорных и опасных по выбросам снабжаются самопишущим депрес-сиометром и расходомером.

Вентиляторные установки местного проветривания располагаются в подземных выработках. Расстояние от конца вентиляционных труб до забоя не должно превышать в газовых шахтах 8 м, в негазовых – 12 м. Для снижения шума вентиляторы местного проветривания снабжаются специальными глушителями шума.

Шахтные компрессоры

Компрессор – машина, преобразующая механическую энергию привода в полезную потенциальную и кинетическую энергию газа. В компрессоре происходят повышение давления газа и перемещение его из области низкого в область высокого давления.

На горных предприятиях компрессорами осуществляется сжатие воздуха, энергия которого используется для привода различных пневматических машин.

По способу сжатия газа компрессоры могут быть:

объемного сжатия (компрессоры вытеснения), в которых давление воздуха повышается за счет уменьшения рабочего пространства, – поршневые, винтовые, ротационные;

кинетического сжатия (лопастные компрессоры), в которых воздух сжимается в процессе его принудительного движения при силовом взаимодействии с лопатками вращающихся колес, – центробежные, осевые.

По создаваемому давлению различают следующие виды компрессоров: вакуум-насосы, отсасывающие газ (воздух) из пространства с вакуумом и сжимающие его до атмосферного или несколько большего давления; воздуходувки, сжимающие воздух до 0,3 МПа; компрессоры низкого давления (0,3–1,0 МПа; компрессоры среднего давления (1,0–10,0 МПа); компрессоры высокого давления (10–250 МПа).

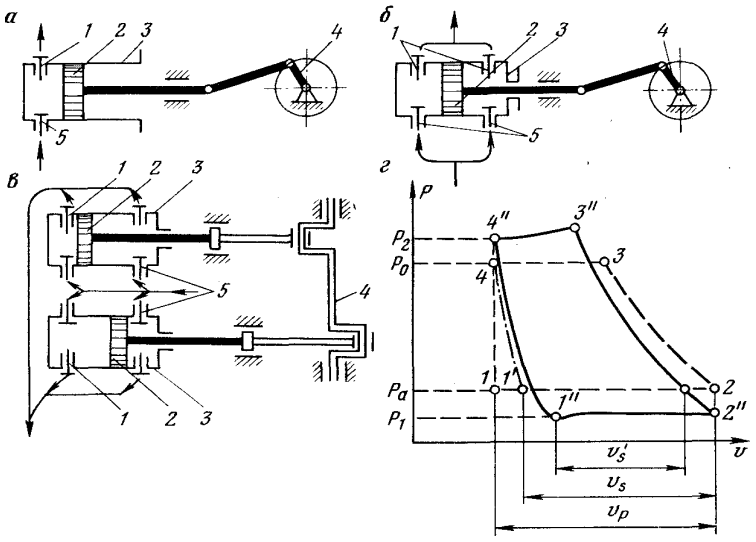


Рис.30.4 Схемы поршневых компрессоров: одностороннего действия (а), двустороннего действия (б), двухцилиндрового (в) и индикаторная диаграмма действительного цикла компрессора (г); 1 и 5 – нагнетательные и соответственно всасывающие клапаны; 2 – поршень; *3* – цилиндр; *4* – кривошип (коленчатый вал)

В горной промышленности широко применяют компрессоры низкого давления. Вакуум-насосы используют для отсасывания метана из угольных пластов.

Наибольшее распространение в горной промышленности получили поршневые компрессоры. По типу и числу цилиндров они подразделяются на компрессоры одно- и двустороннего действия, одно- и многоцилиндровые, одно- и многоступенчатые.

В компрессоре одностороннего действия (рис. 30.4, *а)* за один двойной ход поршня 2 в цилиндре 3 совершается один рабочий цикл, включающий в себя процессы всасывания воздуха через клапан 5, его сжатия и нагнетания через клапан 7. Поэтому теоретическая производительность (м/мин) такого компрессора

$$Q = 60 v_p n = 60 FSn, \qquad (30.4)$$

где $V_p = FS$ – рабочий объем цилиндра, м^3; F – площадь поперечного сечения цилиндра, м^2; S – длина хода поршня, м; n – частота вращения кривошипа, с$^{-1}$.

Компрессор двустороннего действия (рис. 30.4, *б)* имеет две пары клапанов 7 и 5 и поршень 2 с двумя рабочими сторонами. Поэтому за один двойной ход поршня совершаются два рабочих цикла и теоретическая производительность

$$Q = 60(2F - f)Sn, \qquad (30.5)$$

где f – площадь поперечного сечения штока, м^2.

Для увеличения производительности компрессоров несколько цилиндров 3 соединяются параллельно (рис. 30.4 в). Их поршни 2 приводятся в движение общим коленчатым валом 4. Такие компрессоры называют многоцилиндровыми.

Все приведенные схемы присущи одноступенчатым компрессорам. С увеличением давления подача компрессора уменьшается, что объясняется влиянием на действительный процесс поршневого компрессора в первую очередь вредного пространства и сопротивления клапанов. Вредным называется пространство между рабочей поверхностью поршня в его крайнем положении при нагнетании и крышкой цилиндра, а также каналы, соединяющие клапаны с цилиндром.

Влияние указанных факторов можно проследить по индикаторной диаграмме (рис. 30.4, *г)*. После завершения процесса нагнетания во вредном пространстве остается сжатый воздух. Поэтому падение давления в цилиндре при движении поршня на всасывание будет происходить не мгновенно по линии 4–1, как это имело бы место при идеальном процессе (диаграмма идеального цикла показана пунктирными линиями, точки 1–2–3–4–1), а по линии 4–1', которая отображает процесс расширения воздуха из вредного пространства.

Таким образом, процесс всасывания с учетом только вредного

пространства мог бы начаться в точке 1', когда давление в цилиндре упадет до атмосферного. Однако он начинается в точке 1", когда давление в цилиндре становится меньше атмосферного на величину, обеспечивающую преодоление сопротивления клапанов, под которым понимается совокупность сопротивления разделительных элементов клапанов, обусловленного силами их инерции, и аэродинамических сопротивлений проточных каналов клапана и всасывающей магистрали компрессора.

Подобные же сопротивления должны быть преодолены и в процессе нагнетания. Поэтому в реальном компрессоре процесс всасывания (линия 1"–2") происходит при давлении p_1, меньшем атмосферного давления p_a, а процесс нагнетания (линия 3"–4") происходит при давлении p_2, большем давления p_0 воздуха во внешней сети.

Как следует из диаграммы действительного процесса (1" – 2" – 3" – 4" – 1 "), существование вредного пространства и сопротивления клапанов приводит к уменьшению подачи компрессора, так как объем V_S^1 воздуха, поступающего в цилиндр при всасывании, приведенный к атмосферному давлению (объем V_S), меньше объема рабочей камеры V_P.

Действительная производительность компрессора

$$Q = \lambda_П Q, \qquad (30.6)$$

где $\lambda_П = V_Д / V_P$ – коэффициент подачи компрессора; $V_Д$ – объем воздуха, действительно поступающий в цилиндр при всасывании, приведенный к атмосферному давлению.

Коэффициент подачи зависит от конечного давления в цилиндре p_2 и с увеличением его уменьшается, так как уменьшается объем Уд воздуха, поступающего в цилиндр при всасывании, и увеличиваются утечки. Давление, которое можно получить в одноступенчатом компрессоре, ограничивается предельной величиной p = 0,4÷0,7 МПа.

При необходимости получения большего давления применяют многоступенчатые компрессоры, в которых несколько цилиндров соединяют последовательно через промежуточный холодильник.

Поршневые компрессоры. Преимущественное распространение на горных предприятиях получили двухступенчатые поршневые компрессоры производительностью 10; 20; 30; 50; 100 м/мин. Принципиальная схема такого компрессора показана на рис. 30.5, а. Он состоит из цилиндров 1 и 2 первой и второй ступеней, поршни которых приводятся в движение от общего коленчатого вала. В цилиндре 1 первой ступени воздух сжимается до некоторого промежуточного давления, допустимого по температурному фактору, и нагнетается в промежуточный холодильник

3, где он охлаждается. Из промежуточного холодильника воздух поступает в цилиндр 2 второй ступени, где сжимается до конечного давления и нагнетается во внешнюю сеть. Конструкция двухступенчатого компрессора зависит от взаимного расположения цилиндров. Стационарные компрессорные установки горных предприятий оборудуются преимущественно горизонтальными компрессорами оппозитного исполнения, прямоугольными и V-образными компрессорами.

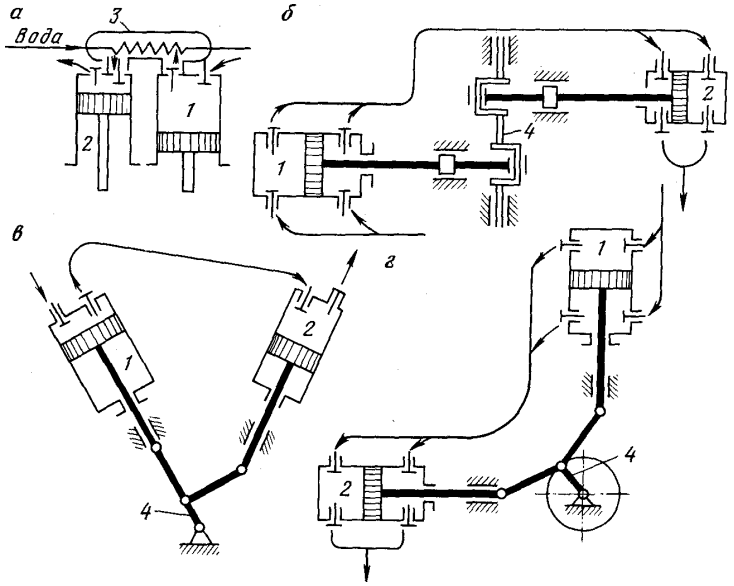


Рис.30.5 Схемы двухступенчатых поршневых компрессоров:
а – принципиальная схема; *б* – горизонтальный компрессор; *в* – V-образный компрессор; г – прямоугольный компрессор

При оппозитной схеме цилиндры компрессора располагаются в два ряда по обе стороны от оси вращения коленчатого вала (рис. 30.5, *б)* и имеют взаимно противоположное направление движения шатунно-поршневых групп.

В настоящее время выпускаются оппозитные горизонтальные компрессоры 2М10-50/8 и 4М10-100/8. По обе стороны кривошипно-шатунного механизма 4 консольно расположены цилиндры 1, 2 первой и второй ступеней сжатия. Корпуса и крышки цилиндров имеют полости (водяные рубашки), по которым циркулирует вода для охлаждения.

Указанные компрессоры имеют производительность соответственно 50 и 100 м/мин и обеспечивают конечное избыточное давление 0,8 МПа. Компрессор 2М10-50/8 двухцилиндровый, а 4М10-100/8 – четырехцилиндровый с двумя ступенями сжатия.

Из прямоугольных компрессоров (рис. 30.5 *г) в* которых цилиндры первой и второй ступеней расположены под углом 90°, в горной промышленности применяются стационарные компрессоры: 302ВП-10/8, 202ВП-20/8, 305ВП-30/8 и ВП-50/8, имеющие производительность соответственно 10, 20, 30 и 50 м^мин и избыточное давление нагнетания 0,8 МПа.

V-образные компрессоры (рис. 30.5, в) используют в основном в передвижных компрессорных установках. Наибольшее распространение на горных предприятиях получили четырехцилиндровый двухступенчатый компрессор ШВКС-5 производительностью 5 *м³/мкн* при давлении 0,7 МПа, имеющий воздушное охлаждение.

Рамы станины и цилиндры низких и средних давлений отливают из чугуна СЧ18, цилиндры высоких давлений многоступенчатых компрессоров – из стали, поршни компрессоров – из серого чугуна. Штоки изготовляют из стали Ст.35 или Ст.40 с поверхностным упрочнением. В компрессорах производительностью до 100 м/мин наибольшее распространение для коренных валов получили подшипники скольжения, вкладыши которых изготовляют из чугуна СЧ19, стали Ст. 4 или бронзы ОЦС-5-5-5 и заливают баббитом (БН, Б-16) или антифрикционным сплавом на основе баббита (БК-2Ш).

Подшипники качения, в качестве которых используются роликовые сферические двухрядные подшипники, применяются главным образом для коренных валов компрессоров прямоугольного исполнения производительностью до 50 м/мин.

Лопастные и винтовые компрессоры. При больших расходах сжатого воздуха все более широкое применение получают лопастные компрессоры, называемые также турбокомпрессорами. По сравнению с поршневыми компрессорами они более компактны, работают равномерно и осуществляют непрерывную подачу воздуха, что позволяет им работать без воздухосборников. Благодаря отсутствию клапанов они более надежны в работе.

Сжатие воздуха в турбокомпрессорах достигается за счет более высоких по сравнению с вентиляторами окружных скоростей рабочих колес, которые достигают 450–500 м/с. Это позволяет получить в рабочем колесе степень сжатия до 1,4.

Для получения необходимых давлений турбокомпрессоры изготовляют многоступенчатыми.

Турбокомпрессоры имеют уменьшающиеся от ступени к ступени диаметр или ширину в связи с тем, что объем воздуха по мере сжатия в ступенях уменьшается. В турбокомпрессорах необходимо охлаждение воздуха, которое осуществляется, как правило, с помощью промежуточных холодильников, устанавливаемых между группами рабочих колес различной ширины или различного диаметра.

Недостатки турбокомпрессоров: невозможность изготовления компрессоров малой производительности; несколько меньший к.п.д. самого компрессора по сравнению с поршневыми машинами; возможность устойчивой работы только в определенных границах производительностей; невозможность частых включений и выключений компрессора; более сложная параллельная работа.

Турбокомпрессоры целесообразно применять при производительности компрессорных установок свыше 200 м/мин.

В передвижных компрессорных установках для горных предприятий используют обычно винтовые компрессоры, так как они имеют небольшие размеры и высокую динамическую уравновешенность. Они имеют производительность 5–25 м/мин при давлении сжатого воздуха 0,5–0,7 МПа.

Винтовые компрессоры (рис. 30.6) относятся к группе объемных машин, у которых воздух сжимается за счет уменьшения его объема в рабочей полости, образованной зубьями и впадинами двух параллельно расположенных винтов – роторов: ведущего 6 и ведомого 7.

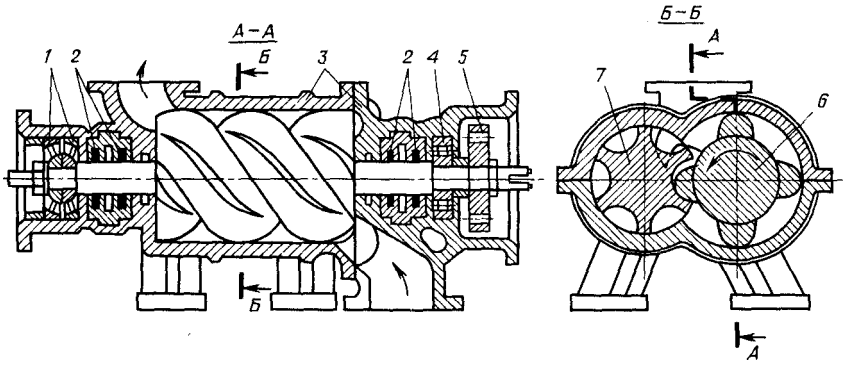


Рис.30.6 Винтовой компрессор

Роторы имеют форму винтов с большим углом подъема и, как правило, разным числом зубьев (на ведущем число зубьев меньше, чем

на ведомом, например, четыре и шесть). Ведущий ротор имеет выпуклые зубья, ведомый – вогнутые.

Роторы расположены в корпусе 3; вращаются в подшипниках 1, 4, имеют уплотнения 2 и шестерни 5, благодаря которым осуществляется их жесткая кинематическая связь. Между роторами обеспечивается необходимый зазор, исключающий непосредственный контакт винтовых поверхностей и уменьшающий их износ.

Винтовые компрессоры, применяемые на горных предприятиях, охлаждаются циркуляцией воды в рубашке корпуса (компрессоры сухого сжатия) или впрыскиванием масла в рабочее пространство компрессора (маслозаполненные компрессоры).

Наибольшее распространение получили установки 6ВКМ-25/8 и 6ВКМ-13/8, оборудованные маслозаполненными винтовыми компрессорами ВК-11 с производительностью соответственно 25 и 13 м/мин, и установки ЗИФ-ШВ5 с винтовым компрессором ЗИФ-ПВ-5 производительностью 5 м/мин. Все указанные передвижные компрессорные установки обеспечивают давление сжатого воздуха 0,9 МПа.

Оборудование стационарных компрессорных установок. Стационарные компрессорные установки располагаются в зданиях компрессорных станций на обособленных фундаментах, изолированных от фундаментов здания и соседних компрессоров. В соответствии с правилами технической эксплуатации компрессорные станции располагают вдали от источников пыли, на расстоянии не менее 50 м от административных и жилых зданий.

При производительности компрессорной станции до 500 м/мин целесообразно применять поршневые компрессоры, при большей производительности – турбокомпрессоры с минимальным (до 25% по производительности) числом поршневых компрессоров, необходимых для уменьшения производительности станции в ремонтные смены и для ввода в сжатый воздух масляных паров с целью уменьшения внутренней коррозии воздухопроводов.

Компрессорные станции кроме компрессорных установок снабжаются вспомогательным оборудованием: всасывающими фильтрами, концевыми охладителями, воздухосборниками (при использовании поршневых компрессоров), глушителями шума и насосами.

Помещение компрессорных станций должно иметь центральное отопление, телефонную связь, аварийное освещение, а также противопожарные средства в соответствии с общими правилами противопожарной охраны.

Компрессоры располагают в машинном зале в один ряд с проходами между ними не менее 1,5 м. Воздухосборники и фильтры для приема воздуха обычно выполняют за пределами здания.

Для привода стационарных поршневых компрессоров применяют синхронные электродвигатели преимущественно серий ДСК и СДК мощностью 200–650 кВт, для привода турбокомпрессоров – синхронные электродвигатели серий СТМ и СТД мощностью 1000–4000 кВт, для привода винтовых компрессоров передвижных компрессорных установок – асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором серии ВАО на напряжение 660 В, мощностью от 40 кВт (компрессор ЗИФ-ШВ-5) до 160кВт (компрессор 6ВКМ-25/8).

Для автоматизации компрессорных станций, оборудованных поршневыми прямоугольными компрессорами ВП-10/8, ВП-20/8, ВП-30/8 и ВП-50/8, Харьковский электромеханический завод (ХЭМЗ) выпускает комплектную аппаратуру автоматического управления. Компрессоры оппозитного исполнения 2М10-50/8 и 4М10-100/8 поставляет Пензенский компрессорный завод совместно с аппаратурой автоматизации.

Завод «Энергомаш» с турбокомпрессорами К-250, К-350 и К-500 поставляет комплексную аппаратуру турбокомпрессорных станций. Аппаратура автоматизации обеспечивает: программное или кнопочное управление оператором пуска компрессорных установок; регулирование производительности компрессоров или компрессорной станции в целом; контроль технологических параметров – температуры сжатого воздуха, температуры и давления масла в системе смазки, давления воды в системе охлаждения, производительности и др.; защиту компрессоров, приводящую к их отключению при отклонении технологических параметров от допустимых значений, при перегрузках и коротких замыканиях электродвигателей; сигнализацию о нормальной работе, предупредительную и аварийную в помещении компрессорной станции и на пульте оператора.

Для магистральных и участковых трубопроводов применяются стальные трубы общего назначения – газовые, сварные и бесшовные, соединяемые между собой сваркой, резьбовыми муфтами, фланцевыми или замковыми быстроразъемными соединениями (БРС). В качестве распределительных трубопроводов используют гибкие шланги, длина которых с целью уменьшения потерь давления принимается не более 20 м.

Для снятия напряжений, возникающих при изменении длины труб вследствие температурных изменений, применяются компенсаторы длины (на поверхности – дуговые), которые устанавливаются через 200–250 м.

Лекция 31

ШАХТНЫЙ ПОДЪЕМ

Общие сведения о шахтных подъемных установках

Подъемные установки служат для подъема на поверхность полезного ископаемого, породы, а также для спуска и подъема людей, оборудования и материалов.

Основные элементы подъемной установки (рис. 31.1): подъемная машина, подъемные сосуды (клети, скипы, бадьи), стальные канаты, загрузочные и разгрузочные устройства (при скиповом подъеме), копры с направляющими шкивами и проводники.

Подъемные сосуды подвешены на канатах и перемещаются с помощью их в стволе. Сосуды движутся по проводникам, представляющим собой направляющие, уложенные по всей длине ствола.

При подъеме груза скипами (рис. 31.1 а) груженая вагонетка 1 входит в опрокидыватель 2 околоствольного двора, опрокидывается и разгружается в бункер 3, из которого полезное ископаемое или порода через загрузочное устройство с дозатором 4 поступает в скип 5. Дозировка производится по объему или массе груза.

Загрузочные устройства обеспечивают также герметизацию ствола для предотвращения попадания в него пыли и подсоса воздуха. Груженый скип 8, поднятый канатом 6 подъемной машины 7 на поверхность, разгружается в приемный бункер 9, из которого груз поступает в бункер 10.

Загрузка одного из подъемных сосудов в шахте и разгрузка другого на поверхности осуществляются одновременно.

В подъемных установках, оборудованных клетями (рис. 31.1 б), груз поднимается в вагонетках, которые направляются механическими толкателями в клеть 5 на нижней приемной площадке околоствольного двора. Вагонетки в клети поднимаются на верхнюю приемную площадку надшахтного здания, расположенную выше устья ствола, и выталкиваются из клети обычно порожними вагонетками, спускаемыми в шахту. Порожние вагонетки выталкиваются, в свою очередь, гружеными при их заталкивании в клеть.

Подъемные установки классифицируют по ряду признаков.

По назначению подъемные установки подразделяют на главные, предназначенные для подъема полезного ископаемого (и вскрышных пород на карьерах), вспомогательные (людские, грузовые и грузолюдские), служа-

щие для подъема и спуска людей, породы, материалов и оборудования, и проходческие, применяемые при проходке и углубке стволов шахт.

По углу наклона ствола различают вертикальные и наклонные подъемные установки. Скиповой и клетевой подъемы применяют для транспортирования грузов по вертикальным и наклонным стволам с углом наклона свыше 25°. При угле наклона ствола до 25° полезное ископаемое доставляют в вагонетках, из которых оно не высыпается, а при угле 18° может быть применен конвейерный транспорт.

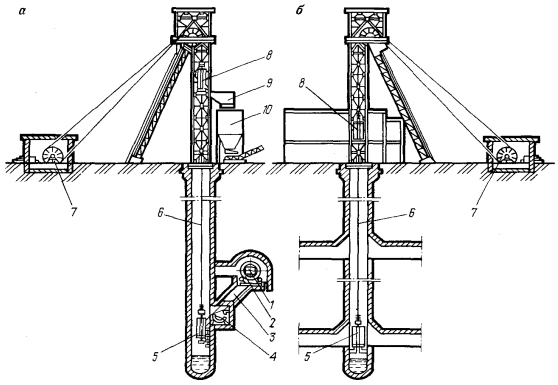


Рис. 31.1. Скиповая (*а*) и клетевая *(б)* подъемные установки вертикальных стволов

По типу подъемных сосудов подъемные установки бывают клетевыми, скиповыми и бадьевыми.

Клетевые подъемные установки используют в основном в качестве вспомогательных, а иногда и в качестве главных подъемных установок, скиповые установки – только в качестве главных или вспомогательных (для подъема породы) грузовых. Подъем в скипах по сравнению с подъемом в клетях или вагонетках требует меньшей продолжительности пауз, обеспечивает большую производительность и позволяет уменьшить штат обслуживающего персонала на приемных площадках.

Подъем и спуск людей в скипах правилами безопасности запрещен. Бадьевые подъемные установки применяют в качестве проходческих. Подъем породы, а также подъем и спуск людей, материалов и оборудования осуществляются в этом случае в бадьях, представляющих собой сварной или клепаный бочкообразный сосуд из листовой стали.

По числу сосудов, приводимых одновременно в движение одной подъемной машиной, установки подразделяют на однососудные (одноконцевые) и двухсосудные (двухконцевые).

По типу подъемных машин установки могут быть с барабанными канатоведущими органами и со шкивами трения.

Установка с одно- и двухбарабанным органом навивки (рис. 31.2 а, б) снабжается двумя канатами 3, к концам которых навешиваются два подъемных сосуда 1 и 2.

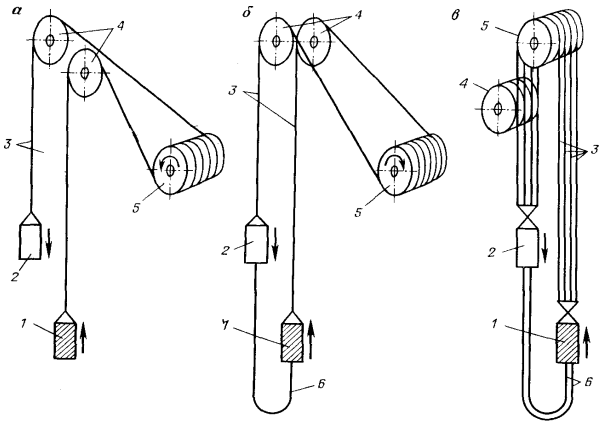


Рис. 31.2. Основные схемы подъемных установок:
а и б – с одно и двухбарабанным органом навивки; в – многоканатные

При вращении органа навивки подъемной машины 5 один канат, проходящий через направляющий шкив 4, навивается и подвешенный к нему сосуд *1* поднимается по стволу, другой канат свивается с барабана и подвешенный к нему сосуд 2 опускается. По окончании цикла, когда один сосуд будет поднят и разгружен, а другой опущен и загружен, подъемная машина реверсируется и сосуды начинают двигаться в противоположном направлении.

Вместо одного из подъемных сосудов может подвешиваться противовес, и подъемная установка будет однососудной с противовесом.

Для уравновешивания поднимаемых масс канатов в подъемных установках при глубинах более 600 м часто применяют уравновешивающий канат 6 (см. рис. 31.2 *б),* который своими концами подвешивается к днищам сосудов 7 и 2 (или сосуда и противовеса). Уравновешивающий канат 6 называют также хвостовым в отличие от канатов 3, к которым подвешивают-

ся подъемные сосуды (или сосуд и противовес), и называющихся головными.

При применении шкивов трения между канатом и приводным органом отсутствует жесткая связь. Канат огибает канатоведущий шкив трения и приводится в движение силами трения, возникающими между вращающимися шкивом и прижатым к нему силами натяжения канатом.

Разновидность подъемных установок со шкивами трения и отклоняющимися шкивами 4 – многоканатные установки (рис. 31.2, *в),* подъмные машины которых устанавливаются на копре и имеют канатоведущий орган в виде многожелобчатого шкива трения 5.

Лекция 32

ПОДЪЕМНЫЕ СОСУДЫ, КАНАТЫ И КОПРОВЫЕ ШКИВЫ. ТОРМОЗНЫЕ УСТРОЙСТВА ПОДЪЕМНЫХ МАШИН

Подъемные сосуды подразделяют на клети, скипы и бадьи.

По назначению клети могут быть грузолюдскими и людскими. Последние не снабжаются устройствами для размещения и фиксации вагонеток.

Современные клети выпускаются одно- и двухэтажными с размещением одной вагонетки в этаже. Опрокидные клети – одноэтажные, на одну вагонетку.

Клеть (рис. 32.1 *а)* представляет собой металлическую конструкцию, состоящую из несущего каркаса 1, включающего в себя горизонтальные рамы и вертикальные стойки, подвесного устройства 3, устройств 7 (направляющих башмаков или роликов) для направления клети по проводникам, стопорных устройств 8 для удержания вагонеток на рельсовой колее, дверей 9*,* надеваемых с торцовых сторон клети при транспортировании людей, и предохранительного зонта 4*.* Для смягчения ударов при посадке клетей на кулаки приемной площадки большинство конструкций клетей снабжено амортизаторами 10.

В соответствии с правилами безопасности клети для спуска и подъема людей, за исключением клетей многоканатного подъема, должны быть снабжены парашютами, предназначенными для плавного торможения и остановки их в случае обрыва подъемных канатов или подвесных устройств.

В настоящее время на шахтах применяют парашюты с захватом за проводники и за специальные тормозные канаты. Более надежны парашюты второго типа. Они состоят из ловителя 6, устанавливаемого на

клети, и одного или двух тормозных канатов 2, соединяемых с амортизационными канатами на копре. При обрыве подъемного каната 5 ловитель захватывает тормозные канаты, навешенные на всю длину ствола, и клеть плавно останавливается.

Скипы представляют собой металлическую конструкцию призматической формы, состоящую из рамы и кузова. В зависимости от способа разгрузки скипы подразделяют на скипы с неподвижным кузовом и опрокидные. Кузов опрокидного скипа имеет глухое днище и крепится к раме шарнирно.

Скип разгружается через верх при опрокидывании кузова. Кузов опрокидывается с помощью роликов, установленных на боковых стенках кузова, которые, двигаясь в разгрузочных кривых, поворачивают кузов на угол 135–145° относительно вертикально перемещающейся рамы.

Опрокидные скипы применяют в основном в рудной промышленности. В угольной промышленности наибольшее распространение получили скипы с неподвижным кузовом и с секторным затвором (рис. 32.1 б). Кузов 11 такого скипа жестко крепится к раме 12 и оборудован секторным затвором 17 с выдвижным рештаком 16. Затвор открывается с помощью разгрузочных кривых, по которым перемещаются разгрузочные ролики 14, установленные на боковых стенках затвора. При этом затвор поворачивается по часовой стрелке вокруг оси 13 и открывает разгрузочное отверстие. Одновременно рештак 16, опираясь на ролики 15, выдвигается вперед и образует наклонный желоб, служащий продолжением наклонного днища кузова. По этому желобу горная масса выгружается из скипа в приемный бункер. После разгрузки скип опускается, и заслонка с рештаком принудительно возвращается в исходное положение, при котором скип закрыт.

Основные параметры скипов: вместимость, грузоподъемность, коэффициент тары, равный отношению массы подъемного сосуда к массе транспортируемого груза. Этот коэффициент для скипов находится в пределах 0,75–1,25, причем меньшие значения соответствуют скипам большей грузоподъемности. Вместимость эксплуатируемых скипов составляет в основном 8–15 м^3 и в отдельных случаях достигает при одноканатных машинах 20 м^3 и при многоканатных – 35 м^3.

Для направленного движения подъемные сосуды оборудуют направляющими устройствами (опорами), а стволы армируют специальными проводниками. Проводники могут быть двух типов – жесткие и эластичные. Жесткие проводники выполняются металлическими (рельсовые и коробчатые) и деревянными, эластичные проводники – канатными.

Направляющие подъемных сосудов по принципу взаимодействия с проводниками делятся на две группы — скольжения и качения. Направляющие могут устанавливаться на сосуде неподвижно (жестко) и подвижно (упруго подвешенные ролики или башмаки).

Конструкция направляющих опор подъемных сосудов зависит от типа проводников, вместимости сосудов и скорости движения. Для жестких деревянных и металлических рельсовых проводников применяют опоры скольжения со съемными вкладышами.

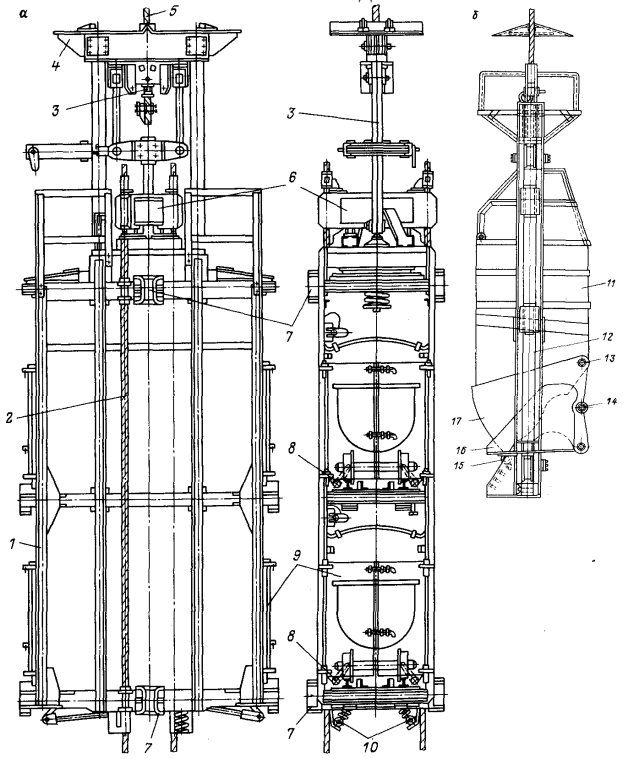


Рис. 32.1. Подъемные сосуды: а – клеть двухэтажная; б – скип

При использовании опор скольжения и жестких проводников скорость движения сосуда не превышает 10 м/с из-за ударов последнего на стыках проводников.

На подъемных установках с большой грузоподъемностью сосудов и скоростью движения 12–20 м/с применяют деревянные и металличе-

ские коробчатые проводники и роликовые направляющие или эластичные проводники и направляющие скольжения.

Бадья (рис. 32.2) состоит из сварного кузова 2 и дуги 3. Кузов и днище бадьи изготовляют из листовой стали толщиной 6–12 мм. Самоопрокидывающаяся бадья в нижней части кузова имеет две цапфы. 1, вокруг которых она поворачивается при разгрузке. Неопрокидная бадья по конструкции аналогична самоопрокидывающейся.

Подъемные канаты являются наиболее ответственными элементами подъемных установок. Они изготовляются из светлой или оцинкованной проволоки диаметром 1–5 мм. Временное сопротивление разрыву проволоки = $\sigma_в$ = 1600 ÷2000 МПа.

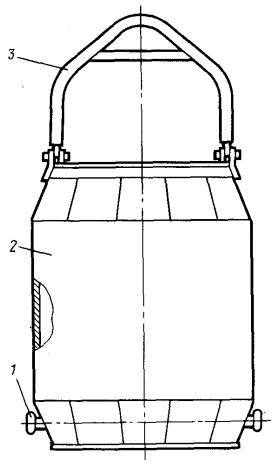


Рис. 32.2. Самоопрокидывающаяся бадья

Для подъемных установок применяют канаты одинарной и двойной свивки. Канат одинарной свивки имеет сердечник из органического материала или мягкой стали, вокруг которого по винтовой линии свиваются проволоки. Если прядь применяется как самостоятельный канат, то она называется канатом простой свивки. Если несколько прядей свиты между собой вокруг органического сердечника из пеньки или сизаля (манилы), то получается канат двойной свивки.

Канат двойной свивки, являющийся составной частью каната более сложной конструкции, называется стренгой.

Прядь может быть круглой и треугольной формы. Канаты, свитые из круглых прядей, называются круглопрядными (рис. 32.3 *а, б),* а из

треугольных – трехгранопрядными (рис. 32.3 *д)*. В трехгранопрядных канатах лучше используется площадь их поперечного сечения, они меньше изнашиваются на направляющем шкиве и органе навивки подъемной машины, но конструктивно они сложнее.

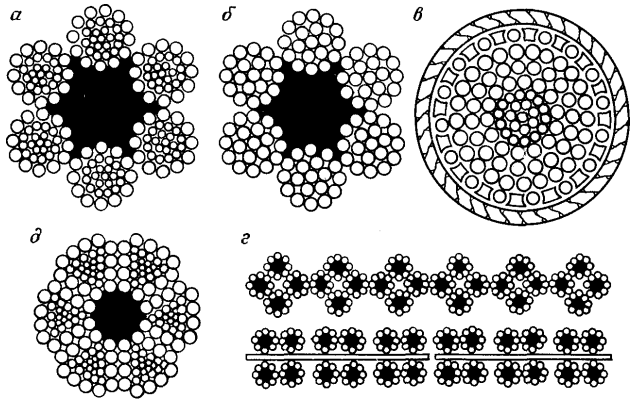


Рис.32.3. Сечения канатов:
а – круглопрядных с проволоками разного диаметра;
б – одинакового диаметра; в – закрытого диаметра;
г – плоского диаметра; д – трехгранопрядного диаметра

По способу свивки канаты могут быть: раскручивающимися (Р), нераскручивающимися (Н) и малокрутящимися (МК).

Канаты типа Н получают в результате применения при свивке прядей и канатов пластического обжатия, в результате чего готовый канат не испытывает внутренних сил, способствующих самопроизвольному его расплетанию. Малокрутящиеся канаты имеют два или несколько противоположно свитых слоев прядей, благодаря чему крутящие моменты прядей смежных слоев взаимно уравновешиваются.

Если свивка проволок в пряди и прядей в канат ведется в одном и том же направлении, то получают канаты односторонней свивки, если в противоположных направлениях – канаты крестовой свивки. В канатах комбинированной свивки пряди имеют попеременно одностороннюю и крестовую свивки.

Канаты односторонней свивки более гибки, проволоки меньше подвержены деформации при огибании канатом направляющего шкива и органа навивки.

Недостаток канатов односторонней свивки – опасность их раскручивания. Канаты крестовой свивки менее гибки, но они менее подвержены раскручиванию. Канаты комбинированной свивки сочетают преимущества канатов односторонней и крестовой свивок.

По форме сечения канаты могут быть круглыми (см. рис.32.3 *а, б, в, д)* и плоскими (см. рис. 32.3 *г)*. Круглые канаты применяют в качестве подъемных, амортизирующих, тормозных и проводниковых канатов.

Плоские канаты гибки и не раскручиваются, но дороги в изготовлении. Срок службы этих канатов из-за неравномерного вытягивания стренг и перетирания металлических ушивальников меньше срока службы круглых канатов, и поэтому их применяют только в качестве уравновешивающих канатов.

По конструкции проволок наружного слоя канаты одинарной свивки бывают открытыми и закрытыми (см. рис. 32.3 в).

Правилами технической эксплуатации (ПТЭ) в качестве подъемных канатов применяются и рекомендуются к применению кругло- и трехгранопрядные канаты, а также канаты закрытой конструкции. На подъемных установках используют канаты с пеньковым сердечником, который выполняет две функции – служит опорой для прядей и удерживает в себе смазку, способствующую уменьшению истирания проволок, а также их коррозии.

Подъемные канаты рассчитывают на разрывающую статическую нагрузку. Другие виды нагрузок – от изгиба на направляющих шкивах и органах навивки, от действия сил инерции и упругих колебаний – учитываются увеличением запаса прочности каната.

Статическая нагрузка на подъемный канат рассматривается в виде суммы: собственной массы подъемного сосуда с подвесным устройством (массы клети и вагонеток, скипа), полезной массы (угля, породы и др.) и массы каната длиной от точки схода его с направляющего шкива до нижней приемной площадки. В установках с тяжелым уравновешивающим канатом при определении статической нагрузки, действующей на подъемный канат, принимают массу уравновешивающего каната для случая нахождения подъемного сосуда на верхней приемной площадке.

Запас прочности выбранного стандартного каната проверяют по следующим формулам:

для установок без уравновешивающего каната и с равновесным уравновешивающим канатом

$$n_з = \frac{Q_p}{g(Q_п + Q_c + pH_к)}, \qquad (32.1)$$

для установок с тяжелым уравновешивающим канатом

$$n_з = \frac{Q_p}{g(Q_п + Q_c + qH_к)}, \qquad (32.2)$$

где $n_з$ – запас прочности каната; Q_p – разрывная нагрузка каната (суммарное разрывное усилие всех проволок каната), Н; g = 9,8 – ускорение свободного падения, м/с^2; $Q_п$ – масса поднимаемого полезного груза, кг; Q_c – собственная масса сосуда, кг; $H_к$ – расстояние шкива, м; p,q – масса 1 м длины соответственно подъемного и уравновешивающего канатов, кг/м.

Запас прочности $n_з$ регламентируется ПБ в зависимости от назначения и типа подъемной установки и составляет: 9 – для одноканатных подъемных установок людских, 7,5-грузолюдских, 6,5 – грузовых, *8* – для одноканатных со шкивами трения и многоканатных подъемных установок людских и грузолюдских и 7 – многоканатных.

Направляющие и отклоняющие шкивы. Направляющие (копровые) шкивы одноканатных подъемных установок располагаются на площадке вверху копра и служат для поддержания подъемных канатов и направления их в стволе.

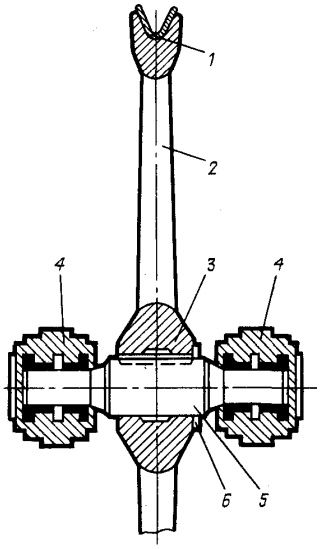


Рис. 32.4. Направляющий шкив подъемной установки

Основные элементы направляю щих шкивов (рис. 32.4): обод 1, спицы 2, ступица 3, ось 5, подшипники 4.

Ступица крепится на оси шкива неподвижно с помощью шпонки. Для предотвращения осевого сдвига шкива на его ось *5* насаживают кольца б. Подъемный канат движется в канавке (ручье) обода шкива.

Шкивы диаметром до 3 м имеют стальной литой обод и круглые стальные спицы. Шкивы диаметром 4-6 м выполняются со стальным штампованным ободом и спицами из швеллеров. Последние соединяются болтами со ступицей шкива и заклепками с ободом. Шкивы устанавливаются на осях на подшипниках качения.

Диаметры направляющих шкивов как органов навивки определяются в соответствии с требованиями ПБ.

Отклоняющие шкивы многоканатных подъемных установок располагают на копре ниже подъемной машины. Эти шкивы предназначены для того, чтобы установить необходимое расстоя-

ние между осями подъемных сосудов в стволе независимо от диаметра ведущего шкива.

Угол отклонения канатов шкивами для уменьшения износа канатов должен быть не более 15°, угол охвата канатом ведущего шкива будет составлять при этом 190–195°.

Диаметры отклоняющих шкивов для многоканатных машин с диаметром ведущего шкива до 3,25 м включительно составляют 2 м, при больших диаметрах ведущих шкивов – 3м.

Подъемные машины

По принципу действия подъемные машины могут быть с барабанными органами навивки и со шкивами трения.

Подъемные машины с барабанными органами навивки выпускаются четырех типов и обозначаются следующим образом: Ц – цилиндрические однобарабанные; ЦР – цилиндрические однобарабанные с разрезным барабаном; 2Ц – цилиндрические двухбарабанные; БЦК – бици-линдроконические с разрезным барабаном.

Машины выпускаются с редукторным и безредукторным (от тихоходного двигателя) приводами органов навивки, с правым или левым (по требованию заказчика) расположением приводов. Редукторы в приводе могут быть цилиндрическими одноступенчатыми (ЦО) и цилиндрическими двухступенчатыми (ОД).

В обозначения редукторов с зацеплением Новикова добавляется буква Н (ЦОН, ЦДН).

Одинарный барабан (рис. 32.5 *а)* обслуживает два каната. На место свивающегося с барабана каната опускающегося сосуда навивается канат поднимающегося сосуда. Поэтому подъемные машины с одинарными барабанами имеют меньшие габариты и массу. Но навивочная поверхность одинарных простых барабанов не имеет приспособлений для регулирования рабочей длины канатов. Поэтому подъемные машины с одинарными барабанами типа Ц применяются главным образом на одноконцевых подъемных установках.

В подъемных машинах с двумя барабанами (рис. 32.5 *г)* каждый канат навивается на отдельный барабан в противоположных направлениях. При навивке каната на один из барабанов с другого барабана канат свивается.

При этом, например, барабан 1 закреплен на валу неподвижно, а барабан 2 соединяется с валом зубчатым механизмом перестановки с пружинно-гидравлическим или пружинно-пневматическим приводом. Механизм перестановки позволяет по мере надобности отсоединять переставной барабан от коренного вала или затормаживать, что упрощает

выполнение операций по навеске и смене канатов и облегчает регулирование их рабочей длины на всю высоту подъема. Это позволяет обслуживать одной подъемной установкой несколько горизонтов. Подъемные машины с цилиндрическим разрезным барабаном (рис. 32.5 б*)* имеют переставной барабан 2 небольшой ширины, поэтому они применяются на двухсосудных подъемных установках при обслуживании одного и двух близлежащих горизонтов.

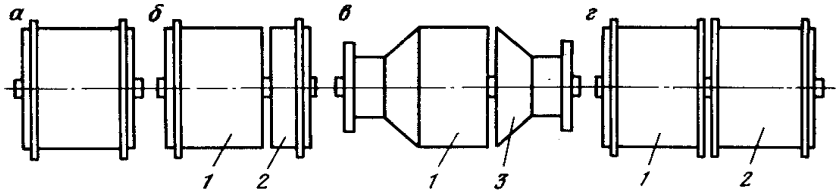


Рис. 32.5. Конструкции канатоведущих органов:
а – одинарный простой барабан (Ц); *б* – одинарный разрезной барабан (ЦР);
в – бицилиндроконический барабан (БЦК);
г – двойной цилиндрический барабан (2 Ц).

В Российской Федерации выпускаются следующие подъемные машины: однобарабанные: Ц 1,2х1, Ц 1,6х1,2, Ц 2х1,5, Ц 2,5х2, Ц 3х2,2, Ц 3,5х2,4; с разрезным барабаном: ЦР 3,5х3,2/0,8, ЦР 4х3/0,7, ЦР 5х3/0,6, ЦР 6х3/0,6, ЦР 6х3,4/0,6; двухбарабанные: 2Ц 1,2х0,8, 2Ц 1,6х0,8, 2Ц 2х1,1 2Ц 2,5х1,2, 2Ц 3х1,5, 2Ц 3,5х 1,8, 2Ц 4х1,8, 2Ц 4х2,3, 2Ц 5х2,4, 2Ц 5х2,8, 2Ц 6х2,4, 2Ц 6х2,8.

Обозначения машин расшифровываются следующим образом:

Ц 2,5х2 – однобарабанная подъемная машина с диаметром барабана 2,5 м и шириной барабана 2 м; 2Ц 6х2,4 – двухбарабанная подъемная машина с диаметрами и шириной барабанов соответственно 6 и 2,4 м;

ЦР 5х3/0,6 – однобарабанная подъемная машина с разрезным барабаном диаметром 5 м, общей шириной барабана 3 м и шириной переставного барабана 0,6 м.

Подъемные машины с диаметрами барабанов 1,2; 1,6 и 2 м относят к малым, машины с диаметром 2,5; 3 и 3,5 м – к средним. Крупными называются одно- и двухбарабанные машины с диаметрами барабанов 4,5 и 6 м.

Малые подъемные машины применяют главным образом для подземных установок. Средние машины используют для подземных устано-

вок и установок на поверхности, крупные – только для установок на поверхности.

Подъемные машины с бицилиндроконическими барабанами (см. рис. 32.5 в) выпускаются двух типоразмеров: БЦК-8/5х2,7 и БЦК-9/5х х 2,5 (числитель дроби – диаметр большого цилиндра (м), знаменатель – малого цилиндра (м); далее – ширина большого цилиндра (м)). Ширина конической части 3 барабанов в обоих случаях составляет 1000 мм. Бицилиндроконический барабан является разрезным.

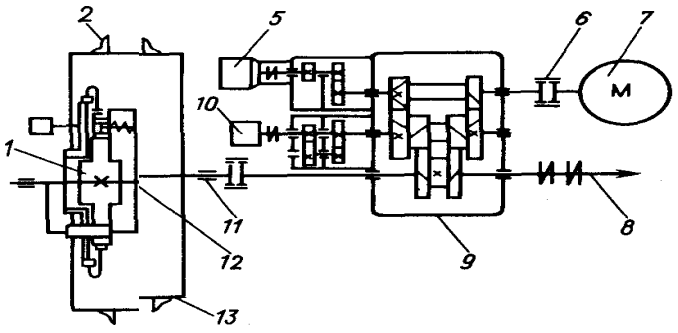


Рис. 32.6. Кинематическая схема двухбарабанной подъемной машины

Переставная часть барабана включает цилиндр малого диаметра и примыкающий к нему конус и соединяется с валом механизмом перестановки зубчатого типа с пружинно-пневматическим приводом.

Подъемные машины с барабанными органами навивки состоят из следующих основных сборочных единиц: органа навивки, главного вала, редуктора, электродвигателя, тормозного устройства и пульта управления.

Барабаны выполняются обычно сварной конструкции и комбинированными – со сварной оболочкой и литыми лобовинами. На оболочке барабанов нарезаются по винтовой линии желоба для направленной навивки каната и предохранения витков от трения между собой. Органы навивки малых машин могут футероваться деревом.

Кинематическая схема двухбарабанной подъемной машины приведена на рис. 32.6. На главном валу 12, опирающемся на подшипники 11, монтируются барабанные 3, 4 органы навивки маната и механизм перестановки 1 барабана 3.

На барабанах предусматриваются реборды 2 для предотвращения схода каната с барабана. За одно целое с барабанами выполняют тормозные шкивы 13, которые могут быть частью оболочки или лобовинами барабанов.

Вращение от двигателя 7 редуктору 9 и от редуктора (или тихоходного двигателя) на главный вал 12 передается с помощью муфт 6, допускающих некоторый перекос соединяемых валов.

Внутри органов навивки могут располагаться специальные барабаны (бобины) для регулирования длины канатов и намотки их запасной части. Бобины свободно сидят на валу и снабжаются самостоятельным электроприводом с червячным редуктором.

Концы канатов для закрепления пропускаются через отверстия внутрь барабанных органов навивки и крепятся там на барабанах, дисках или спицах лобовин барабанов болтами и специальными жимками.

Редукторы современных подъемных машин выполняются одно- и двухступенчатыми в виде самостоятельных сборочных единиц и могут устанавливаться с одной или другой стороны подъемной машины. Корпус редуктора крепится жестко к фундаменту анкерными болтами или опирается на специальные пружины с демпфером.

От редуктора 9 осуществляется привод тахометра 5 и реле оборотов 10. Тихоходный вал редуктора имеет механическую связь 8 с аппаратом задания и контроля хода (АЗК).

Управление машинами осуществляется кнопками с пульта управления, на котором устанавливается контрольно-измерительная и предохранительная аппаратура, а также с помощью рукояти управления. С подъемной машиной пульт управления имеет только электрическую связь и устанавливается, как правило, в машинном зале. Дистанционное или автоматическое управление подъемной машиной производится аппаратом АЗК.

Машины со шкивами трения серии ЦШ (цилиндрические шкивы) выпускаются в настоящее время многоканатными: ЦШ 2,1х4, ЦШ 2,25х4, ЦШ 2,25х6, ЦШ 2,8х6, ЦШ3,25х4, ЦШ 4х4, ЦШ 5х4, ЦШ 5х6, ЦШ 5х8, где первые цифры обозначают диаметр канатоведущих шкивов по оси каната, а вторые – число подъемных канатов. Например, машина ЦШ 5х8 имеет диаметр шкивов 5 м и восемь подъемных канатов. Подъемные машины со шкивами трения имеют редукторный (ЦШ 2,8х6, ЦШ 3,25х4, ЦШ 4х4) или безредукторный привод. Машины монтируются на копрах башенного типа. Для увеличения угла обхвата канатами канатоведущих шкивов и соблюдения необходимого расстояния между осями подъемных сосудов независимо от диаметра приводного шкива в много-

канатных подъемных машинах предусмотрены отклоняющие шкивы (см. рис. 25.2, в) При наличии отклоняющих шкивов угол обхвата канатом приводного шкива составляет 200–220°. Отклоняющие шкивы устанавливаются для каждого каната и имеют такой же диаметр, что и приводные (канатоведущие шкивы).

Характерная особенность машин серии ЦШ – это размещение основных узлов на общей раме, что упрощает фундамент и еще на заводе позволяет выполнять монтаж, регулировку и фиксацию узлов.

Основные эксплуатационные параметры подъемных установок. Полная высота (м) подъема

$$H=H_{ГП}+h_o+h_П\ , \qquad (32.3)$$

где $H_{ГП}$ – глубина расположения откаточного горизонта, м; h_o – глубина опускания подъемного сосуда ниже откаточного горизонта (для клетевого подъема $h_o = 0$), м; $h_П$ – высота подъема сосуда над поверхностью в целях разгрузки, м.

Наклонные установки характеризуются наклонной длиной (м) подъема $L=H/sin\acute{a}_n$ где $\acute{a}_n$ – угол наклона трассы подъемной установки, градус. Производительность подъемной установки измеряется массой груза, перемещенного за 1 ч. Необходимая производительность Q (т/ч) определяется годовым грузопотоком $Q_Г$ т.е. массой груза, перемещаемого подъемной установкой за год:

$$Q=k_pQ_Г/(zt_ч)\ , \qquad (32.4)$$

где k_p = 1,15–1,5 – коэффициент резерва производительности, учитывающий неравномерность работы подъема и транспорта; Z – число рабочих дней в году; t_4 – число часов работы подъема в сутки.

Грузоподъемность установки $Q_{Гр}$ представляет собой массу груза,поднимаемого за один рабочий цикл. Производительность и грузоподъемность связаны между собой следующим образом:

$$Q= Q_{Гр}\, n_ц=3600\, Q_{Гр}/Тц\ , \qquad (32.5)$$

где $n_ц$ – число подъемов за 1ч; $Тц$ – продолжительность одного цикла подъема, с.

Средняя полезная мощность, развиваемая подъемной установкой в процессе движения, называется идеальной мощностью $N_и$, кВт. Так как полезная работа подъемной установки за цикл численно равна произведению массы поднимаемого груза на полную высоту подъема, то

$$N_u = gQ_{гр}H / (10^3\ T_д)\cdot \qquad (32.6)$$

где g – ускорение свободного падения, м/с^2; $T_д$ - продолжительность движения подъемного сосуда за цикл, с.

К.п.д. подъемной установки $\eta_у$ определяется отношением энергии, расходуемой на полезную работу, $W_п$ (кВт-ч) к расходу электроэнергии приводом подъемной установки $W_у$ (кВт-ч) за цикл подъема.

Полезный расход энергии

$$W_П = gQ_{гр}H/(10^3 \cdot 3600)\ , \qquad (32.7)$$

поэтому

$$\eta_у = W_п/W_у = gQ_пH/(10^3 \cdot 3600\ W_у)\ , \qquad (32.8)$$

Для привода органов навивки подъемных машин используются в основном два типа электродвигателей: асинхронные, с фазным ротором, и постоянного тока, с независимым возбуждением.

Для привода подъемных машин малой и средней мощности до 1200 кВт при однодвигательном приводе и до 2000 кВт при двухдвигательном применяются асинхронные электродвигатели типов АК, АКН и другие с фазным ротором и синхронной частотой вращения 4,16-12,5 с$^{-1}$.

Двигатели постоянного тока серии П используются при мощности привода более 1000 кВт. Быстроходные двигатели этой серии имеют частоту вращения 5,83-12,5 с$^{-1}$, а тихоходные – 0,42-1,67 с$^{-1}$.

Для управления асинхронным электродвигателем в цепь ротора включается реостат с металлическими или жидкостными сопротивлениями. При пуске двигателя сопротивление выводится из цепи ротора в первом случае ступенчато, во втором – плавно. Двигатель при пуске переходит с одной механической характеристики, соответствующей большему добавочному сопротивлению, на другую, соответствующую меньшему сопротивлению.

Для питания двигателей постоянного тока наибольшее распространение получили преобразователи по системе Г – Д (генератор – двигатель), которые дают возможность регулировать частоту вращения двигателя, а следовательно, и скорость подъема в достаточно широких пределах.

Для питания обмоток возбуждения генератора в настоящее время применяют реверсивные тиристорные выпрямители. Расширяется применение силовых тиристорных преобразователей.

Основы кинематики канатного подъема. В кинематике подъемных установок рассматриваются скорости, ускорения и пути подъемных сосудов в функции времени. Совокупность численных значений

элементов движения составляет кинематический режим подъемной установки. Наиболее полно кинематический режим характеризуется диаграммой скорости (тахограммой) подъема, графически изображающей в зависимости скорости v от времени за один цикл подъема.

При клетевом подъеме используются простые тахограммы (рис. 32.7, *а*), имеющие три периода: ускоренного движения t_1, установившегося движения t_2 постоянной максимальной скоростью v_{max}, и замедленного движения t_3 После этого следует пауза продолжительностью τ и диаграмма скорости повторяется. Наиболее удобны диаграммы с постоянными ускорениями a_1 и a_2 во время разгона и замедления машины, имеющие форму трапеции.

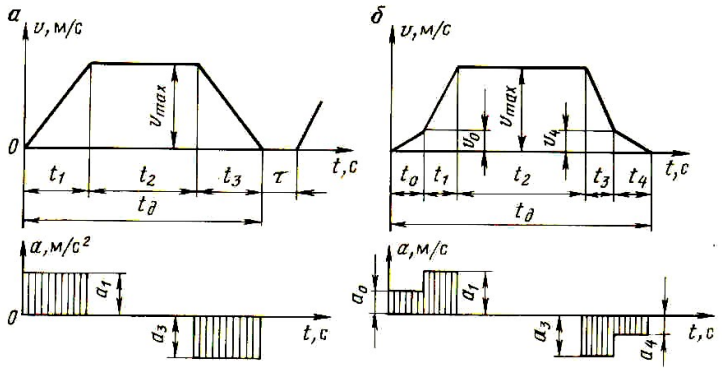


Рис. 32.7 Диаграммы скоростей и ускорений:
а – трехпериодичные при клетевом подъеме;
б – пятипериодичные при скиповом подъеме

Площадь тахограммы численно равна высоте подъема *H*. Время t_1 и путь *h* подъемного сосуда во время разгона составляют

$$t_1 = v_{max} / a_1 h_1 = v_{max}\, t_1/2\ . \qquad (32.9)$$

В период замедления

$$t_3 = v_{max} / a_3 h_3 = v_{max}\, t_3/2. \qquad (32.10)$$

Продолжительность равномерного движения $t_2 = h_2 / v_{max}$,
где h_2 – путь при равномерном движении.

Полная высота подъема

$$H= h_1+h_2+h_3 = v_{max}\, t_1/2 +v_{max}\, t_2+v_{max}\, t_3/2= v_{max}(t_1+2\, t_2+ t_3)/2, \quad (32.11)$$

Обозначив $t_1+ t_2+ t_3 = t_Д$, где $t_Д$ – суммарная продолжительность движения подъемных сосудов, выражение (32.11) можно записать в следующем виде:

$$H= v_{max}(2t_Д- t_1 - t_3)/2 \quad (32.12)$$

С учетом выражений для t_1 и t_3 (32.9) и (32.10) получим

$$H= v_{max}(2t_Д - v_{max} / a_1 - v_{max} / a_3)\ 2 \text{ или}$$

$$v^2_{max}(1/ a_1 - 1/ a_3) -2v_{max}\, t_Д+2H=0, \text{ откуда}$$

$$v_{\max} = \frac{A_1 A_3}{A_1 + A_3} t_Д \left(1 \pm \sqrt{1 - \frac{A_1 A_3}{A_1 + A_3} \frac{2H}{t_Д^2}} \right)$$

Обозначив $\epsilon = \frac{A_1 A_3}{A_1 + A_3} t_Д$, получим формулу для расчета максимальной скорости подъема

$$v_{max} = \epsilon - \sqrt{\epsilon^2 - 2\epsilon \cdot v_{cp}} \quad (32.13)$$

Чтобы не было мнимого корня, необходимо соблюдать неравенство $\epsilon^2 - 2\epsilon\, v_{cp} > 0$ или $\epsilon > 2v_{cp}$ В трехпериодных диаграммах $1< v_{max} <2v_{cp}$, поэтому перед корнем в формуле (32.13) должен быть знак минус. По формуле (32.13) можно определять величину v_{max}, обеспечивающую требуемую производительность подъемной установки при заданной высоте подъема, грузоподъемности и продолжительности движения $t_Д$. Величина ускорений ограничивается нормами ПТЭ. Для клетевых установок их значения составляют 0,6–0,75 м/с^2.

При работе скиповых подъемных установок применяются пятипериодные тахограммы (см. рис. 32.7 *б)*. Наличие ограничений скорости на входе и выходе скипов из разгрузочных кривых требует предусматривать на диаграмме скорости дополнительные, первый t_0 и пятый t_5 небольшие периоды, в течение которых скипы перемещаются с небольшой скоростью в разгрузочных кривых.

Определение параметров пятипериодной диаграммы ведется таким же образом, что и для трехпериодной трапециевидной диаграммы,

но только с добавлением дополнительных периодов. Ускорения для скиповых подъемных установок принимают равными 0,8–1,2 м/с^2.

При работе скипов с разгрузкой через дно может применяться четырехпериодная диаграмма скорости.

Тормозные устройства подъемных машин

Все шахтные подъемные машины оснащены тормозными устройствами, которые предназначены для стопорения канатоведущих органов во 300 время пауз между подъемами, аварийного торможения при нарушении нормальной работы подъемной машины, а также управления подъемной установкой в период замедления.

Аварийное торможение вводится либо машинистом подъема, либо автоматически от аппаратов защиты. При аварийном торможении одновременно с остановкой машины автоматически отключается от сети ее электродвигатель.

Основные элементы тормоза – исполнительный орган и привод.

Исполнительные органы тормозов могут быть с радиальным и осевым приложением усилий к тормозному ободу. Первые тормоза являются барабанными, вторые – дисковыми.

Исполнительные органы тормозных устройств подъемных машин, выпускаемых ДМЗ, имеют схему, показанную на рис. 32.8 *а*. Каждый исполнительный орган состоит из двух колодок 4, охватывающих обод канатоведущего барабана, двух вертикальных рычагов 3, к которым шарнирно крепятся тормозные колодки регулируемой тяги 5, соединяющей одну из колодок с треугольным рычагом 2 и двух тяг 6, с помощью которых регулируется положение тормозных колодок. К концу треугольного рычага 2 подсоединен шток 1 привода исполнительного органа. Шарнирные параллелограммы, образуемые вертикальными рычагами 3 и тягами 6, обеспечивают поступательное перемещение тормозных колодок.

При торможении шток 1 движется вниз, рычаг 2 поворачивается против часовой стрелки, рычаги 3 перемещаются навстречу друг другу, колодки 4 прижимаются к ободу канатоведущего органа, затормаживая его.

При растормаживании шток 1 движется вверх и колодки 4 отходят от обода канатоведущего органа.

У исполнительных органов тормозов подъемных машин НКМЗ (рис. 32.9 *б)* тормозные колодки *1* подвешены шарнирно на рычагах 4. Они прижимаются к ободу канатного барабана усилием, которое передается на колодки через систему треугольных рычагов 2 и тяг 3, 9, 10 от

дифференциального рычага 5, поворачивающегося по часовой стрелке вокруг точки O_1 под воздействием штока поршня при подаче в пневмоцилиндр 8 сжатого воздуха дозированного давления.

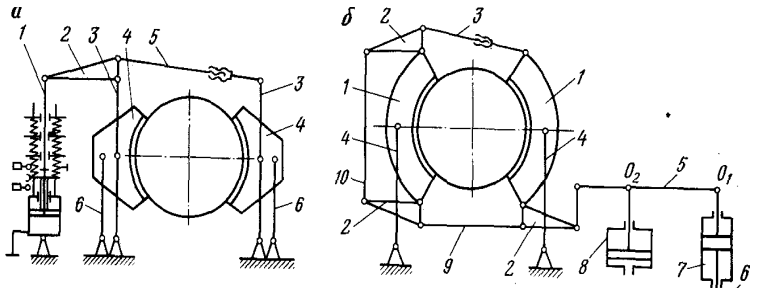


Рис. 32.8. Схемы барабанных тормозов подъемных машин

С помощью пневмоцилиндра 8 производится рабочее торможение. В случае предохранительного (аварийного) торможения сперва включается цилиндр 8, осуществляя первую ступень торможения, и одновременно из цилиндра 7 выпускается воздух, в результате чего дифференциальный рычаг 5 под действием тормозного груза 6 поворачивается вокруг шарнира O_2 и дополнительно воздействует на исполнительный орган тормоза.

Рассмотренный привод является пневмогрузовым. Приводы могут быть также гидрогрузовыми, пружинно-пневмогрузовыми и пружинно-гидравлическими.

Тормозами с радиальным поступательным перемещением колодок (см. рис. 32.8 *а, б)* оснащено большинство отечественных подъемных машин. Тормозные колодки футеруются пресс-массовыми фрикционными накладками.

При включении предохранительного торможения замедление при спуске и подъеме расчетного груза должно быть не менее 1,5 м/с^2 и не более 5 м/с^2.

Список дополнительной литературы

1. *Пахомов П.И.* Методы и технические средства повышения безопасности эксплуатации рудничных подъемов / Кыргызско-Российский Славянский университет. – Бишкек, 2000. – 276 с.

2. *Пахомов П.И., Фролов А.В.* Методы и средства контроля и защиты рудничных подъемов от аварий. – Бишкек: Изд-во КРСУ, 2004. – 171 с.

Составитель
Петр Иванович Пахомов

КУРС ЛЕКЦИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«ГОРНЫЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ»

Технический редактор *О.А. Матвеева*
Компьютерная верстка *Г.Н. Кирпа*

Подписано в печать 20.10.05. Формат 60×84 $^{1}/_{16}$
Печать офсетная. Объем 18,25 п.л.
Тираж 200. Заказ 185

Издательство Кыргызско-Российского
Славянского университета
720000, Бишкек, ул. Киевская, 44

Отпечатано в типографии КРСУ
720000, Бишкек, Шопокова, 68