

ДОНБАССКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

С.В. Корнеев
В.Ю. Доброногова

Учебное пособие

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ
АЛЧЕВСК, 2020

Горные транспортные машины

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
ЛУГАНСКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

С. В. Корнеев, В. Ю. Доброногова

ГОРНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ

Учебное пособие

Рекомендовано Ученым советом ГОУ ВПО ЛНР «ДонГТУ»

Алчевск
2020

УДК 622.61 (035):622.012.2

ББК 33.16

К67

Корнеев Сергей Васильевич — доктор технических наук, профессор кафедры «Горная энергомеханика и оборудование» ГОУ ВПО ЛНР «ДонГТУ»;

Доброногова Виктория Юрьевна — кандидат технических наук, доцент кафедры «Горная энергомеханика и оборудование» ГОУ ВПО ЛНР «ДонГТУ».

Рецензенты:

А. Г. Петров — кандидат технических наук, доцент кафедры «Горная электромеханика и транспортные системы» СУНИГОТ ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет им. В. Даля»;

С. В. Калюжный — кандидат технических наук, доцент кафедры «Горная энергомеханика и оборудование» ГОУ ВПО ЛНР «ДонГТУ»;

Д. А. Вишневский — кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой машин металлургического комплекса ГОУ ВПО ЛНР «ДонГТУ».

*Рекомендовано Ученым советом ГОУ ВПО ЛНР «ДонГТУ»
(Протокол № 10 от 29.06.2020)*

Корнеев С. В.

К67 Горные транспортные машины: учебное пособие / С. В. Корнеев, В. Ю. Доброногова. — Алчевск: ГОУ ВПО ЛНР «ДонГТУ», 2020. — 228 с.

Учебное пособие по учебной дисциплине «Горные транспортные машины» предназначено для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело». В пособии отражены принцип и организация работы, устройство, методики тягового и эксплуатационного расчетов горных транспортных машин и оборудования.

УДК 622.61 (035):622.012.2
ББК 33.16

© С. В. Корнеев, В. Ю. Доброногова, 2020
© ГОУ ВПО ЛНР «ДонГТУ», 2020
© Н. В. Чернышова, художественное
оформление обложки, 2020

СОДЕРЖАНИЕ

Условные обозначения.....	6
Введение	7
1 Общие сведения о горном транспорте	9
1.1 История развития и современное состояние шахтного транспорта	9
1.2 Типажи, параметрические ряды и ГОСТы	11
1.3 Назначение и классификация транспорта	12
1.4 Комплексы и схемы транспорта	14
1.5 Грузооборот и грузопотоки	15
Контрольные вопросы	16
2 Оборудование рельсового транспорта. Вагоны. Вагонетки.....	17
2.1 Рельсовые пути.....	17
2.2 Укладка и содержание рельсового пути	22
2.3 Железнодорожные вагоны.....	25
2.4 Рудничные вагонетки и секционные поезда.....	26
Контрольные вопросы	33
3 Рельсовый транспорт карьеров.....	35
3.1 Общие сведения о железнодорожном транспорте	35
3.2 Основы теории	51
3.3 Тяговый расчет железнодорожного транспорта.....	57
3.4 Раздельные пункты (посты, разъезды, станции)	64
3.5 Средства связи на железнодорожном транспорте.....	67
Контрольные вопросы	74
4 Рудничные локомотивы	77
4.1 Общие сведения	77
4.2 Конструкция механической части электровозов постоянного тока	80
4.3 Электрооборудование электровозов постоянного тока	83
4.4 Высокочастотные электровозы, дизелевозы, гировозы.....	87
4.5 Расчет электровозной откатки.....	88
4.6 Организация движения, СЦБ и автоматизация	95
4.7 Эксплуатация, охрана труда	103
Контрольные вопросы	104

5 Автомобильный транспорт	106
5.1 Общие сведения	106
5.2 Автомобильные дороги	107
5.3 Общее устройство автосамосвала	109
5.4 Основные параметры автосамосвала	117
5.5 Типы автомобилей	120
5.6 Основы теории движения автосамосвала	122
5.7 Основы эксплуатации автотранспортных средств	131
Контрольные вопросы	135
6 Шахтные ленточные конвейеры	137
6.1 Общие сведения	137
6.2 Конструкция основных узлов.....	139
6.3 Эксплуатационный расчет.....	148
6.4 Выбор серийных конвейеров.....	149
6.5 Автоматизация ленточных конвейеров и конвейерных линий	152
6.6 Монтаж, эксплуатация и техническое обслуживание ленточных конвейеров.....	154
Контрольные вопросы	158
7 Карьерные ленточные конвейеры	160
7.1 Общие сведения. Схемы карьерного конвейерного транспорта	160
7.2 Конструктивные особенности карьерных ленточных конвейеров.....	162
7.3 Автоматизация и эксплуатация конвейерного транспорта.....	165
Контрольные вопросы	166
8 Скребоквые конвейеры	167
8.1 Общие сведения	167
8.2 Конструкция основных узлов.....	169
8.3 Эксплуатационный расчет.....	174
8.4 Эксплуатация и техническое обслуживание скребоквых конвейеров	176
Контрольные вопросы	178

9	Вспомогательный транспорт	179
9.1	Общие сведения	179
9.2	Рельсовые средства вспомогательного транспорта	180
9.3	Оборудование и расчет параметров концевой канатной откатки	185
9.4	Безрельсовые средства вспомогательного транспорта	189
	Контрольные вопросы	193
10	Самоходный транспорт.....	194
10.1	Общие сведения	194
10.2	Погрузочно-транспортные машины.....	196
10.3	Подземные автосамосвалы и самоходные вагоны	200
10.4	Погрузочные машины.....	200
10.5	Эксплуатационный расчет.....	205
	Контрольные вопросы	206
11	Погрузочные, перегрузочные и разгрузочные пункты.....	207
11.1	Общие сведения	207
11.2	Оборудование погрузочных, перегрузочных и разгрузочных пунктов.	209
11.3	Механизация и автоматизация погрузочно-разгрузочных работ.	217
	Контрольные вопросы	219
12	Транспорт на поверхности шахт	221
12.1	Оборудование в надшахтных зданиях	221
12.2	Оборудование складов полезного ископаемого и породных отвалов	222
12.3	Погрузочные комплексы	225
	Контрольные вопросы	226
	Литература.....	228

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

АСУ — автоматизированная система управления;
ВШТ — внутришахтный транспорт;
ГТМ — горные транспортные машины;
КПД — коэффициент полезного действия;
ОД — околоствольный двор;
ПБ — правила безопасности;
ПО — производственное объединение;
ППР — планово-предупредительный ремонт;
ПТЭ — правила технической эксплуатации;
РСУ — реостатная система управления;
СК — скребковый конвейер;
СЦБ — система сигнализации, централизации и блокировки;
ТПП — транспорт горных предприятий;
ТИСУ — тиристорная система управления;
ТО — тяговый орган;
ЭД — электродвигатель;
ЭДС — электродвижущая сила.

ВВЕДЕНИЕ

Добыча полезных ископаемых Донбасса будет возрастать, главным образом, за счёт реконструкции и перевооружения существующих шахт, совершенствования технологии разработки месторождений полезных ископаемых, внедрения комплексной механизации и автоматизации всех производственных процессов при непрерывной концентрации и интенсификации горных работ.

Существенно возрастает степень механизации и автоматизации транспортных работ, являющихся неотъемлемой частью единой цепи технологических процессов при добыче полезных ископаемых. Этим объясняется та важная роль, которая отводится курсу «Горные транспортные машины» (ГТМ) — в системе подготовки горных инженеров.

Логико-структурный анализ дисциплины: дисциплина «Горные транспортные машины» входит в базовую часть профессионального цикла дисциплин СЗ основной образовательной программы по направлению подготовки 21.05.04 «Горное дело».

Дисциплина реализуется кафедрой горной энергомеханики и оборудования ДонГТУ.

ГТМ основывается на дисциплинах: математика, физика, начертательная геометрия, инженерная и компьютерная графика, теоретическая механика, прикладная механика, электротехника, гидромеханика, основы горного дела, основы теории транспорта.

ГТМ является основой для изучения следующих дисциплин: транспортные системы горных предприятий, конструирование горных машин и оборудования, эксплуатация горных машин и оборудования.

Цели и задачи дисциплины: Цель — формирование у студентов компетенций в области теории, расчетов, конструкции и эксплуатации горных транспортных машин и оборудования для дальнейшего использования в инженерной практике. *Задачи:* изучить принципы работы и конструкции современных отечественных и зарубежных горных транспортных машин; овладеть методами тягового и эксплуатационного расчетов горных транспортных машин, а также выбора основных параметров; изучить принципы безопасной эксплуатации горных транспортных машин и оборудования.

Дисциплина нацелена на формирование общепрофессиональных (ОК) и профессионально-специальных компетенций (ПСК) выпускника:

- способность к самоорганизации и самообразованию (ОК-7);
- готовность рационально эксплуатировать горные машины (в том числе транспортные) и оборудование различного функционального назначения в различных климатических, горно-геологических и горнотехнических условиях (ПСК-9.2);
- готовность осуществлять комплекс организационных и технических мероприятий по обеспечению безопасной эксплуатации горных машин и оборудования и снижению их техногенной нагрузки на окружающую среду (ПСК-9.4).

1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ГОРНОМ ТРАНСПОРТЕ

1.1 История развития и современное состояние шахтного транспорта

История развития ТГП тесно связана с именами выдающихся отечественных изобретателей и инженеров.

М.В. Ломоносов в 1742 г. предложил применять подъёмные лебёдки и ковшовые элеваторы с металлическими тяговыми цепями для подъёма руд и породы из шахт.

В 1752 г. на Чагирском руднике (Алтай) была сооружена самодействующая установка с канатным тяговым органом с маятниковым движением вагонеток по деревянным направляющим (рельсам).

В 1765 г. К.Д. Фролов впервые в мире механизировал на Карбалихинском рудотолчейном и рудопромывальном заводе все основные технологические процессы и внутривоздской рельсовый транспорт.

В 1834 г. на Нижне-Тагильском заводе русскими мастерами Е.А. и М.Е. Черепановыми (отцом и сыном), была построена первая в России железная дорога с паровой тягой.

В 1858–60 гг. русский техник А. Лопатин внедрил на золотых приисках Алтая впервые в мире ленточные конвейеры (песковозы).

В 1872 г. русский механик М. Кроузов впервые применил на приисках Верхне-Амурской компании пластинчатые конвейеры с приводом от паровой машины.

Ф.А. Пироцкий в 1876 г. применил электротягу на городском транспорте, а в 1879 г. Вернер фон Сименс в Германии построил первый электровоз. В России они появились в 1907–1909 гг.

С 1912 г. в Донбассе стали применять транспортные установки с бесконечными и концевыми канатами для доставки угля и породы по наклонным и горизонтальным горным выработкам.

Однако, несмотря на значительный вклад русских изобретателей и техников в дело механизации транспортных работ, в эти годы на шахтах Донбасса преобладал ручной труд.

Развитие шахтного транспорта определялось внедрением средств механизации.

До 1928 г. происходило восстановление горной промышленности. Внедряются скреперные установки, качающиеся конвейеры, которые вытесняют доставку санками и скреперами. В 30-ые годы впервые были сделаны попытки применить в лавах скребковые конвейеры, которые впоследствии стали основным видом забойного транспорта на шахтах. Одновременно развивается механизация откатки по рельсовым путям и транспорт на поверхности.

После 1945 г. осуществляется переход от механизации отдельных процессов к комплексной механизации и автоматизации технологических процессов добычи и транспортирования полезных ископаемых, породы и вспомогательных материалов. На угольных шахтах широко внедряются скребковые и ленточные конвейеры, которые полностью вытесняют качающиеся конвейеры и бесконечную канатную откатку.

В настоящее время конвейеризация наклонных выработок с углами наклона до 18° в угольных шахтах практически завершена.

Производятся унифицированные ленточные конвейеры нового поколения.

Возросла доля тяжёлых локомотивов, большегрузных вагонеток, секционных поездов, вагонеток с донной погрузкой.

Начато внедрение на шахтах поточных автоматизированных систем откатки и пакетно-контейнерной доставки материалов, монорельсовых дорог.

Получают всё большее распространение специальные типы конвейеров: канатно-ленточные, ленточно-цепные, телескопические, наклонные, трубные ленточные.

Одновременно с развитием механизации транспортных работ развивается наука о шахтном транспорте.

Отечественная наука по праву считается передовой. Это классические работы М.В. Ломоносова «Первые основания металлургии и рудных дел», 1763 г., Л. Эйлера — «О равновесии гибкой нерастяжимой и невесомой нити на цилиндрической поверхности». Л. Эйлер в этой работе вывел формулу, которая стала основой теории фрикционных приводов транспортных машин.

Известны учебники А.И. Узатиса (Курс горного искусства, 1843 г.) и И.А. Тиме (Справочная книга для горных инженеров и техников по горнозаводской механике, 1879 г.).

Академик А.М. Терпигорев написал серию книг (с 1901 по 1932 г.) и его стараниями сформировалась учебная дисциплина «Рудничный транспорт», им издан в 1932 г. первый учебник для вузов.

Широкое признание получили многочисленные фундаментальные труды по ленточным конвейерам и учебники по курсу рудничного транспорта академика А.О. Спиваковского, создавшего целую научную школу, из которой вышли профессора: Н.В. Тихонов, А.В. Андреев, А.В. Евневич, В.Г. Шорин, Г.И. Солод, М.Г. Потапов и др.

Особо следует отметить вклад в развитие науки о шахтном транспорте отечественных ученых: Н.С. Полякова, И.Г. Штокмана, А.А. Ренгевича, Б.А. Кузнецова, Н.Я. Биличенко, В.В. Пономаренко, Л.Н. Ширина, В.П. Кондрахина и др.

1.2 Типажи, параметрические ряды и ГОСТы

Для повышения унификации и серийности, улучшения качества и снижения стоимости выпускаемых машин, разрабатываются типажи, параметрические ряды и ГОСТы.

Типаж — совокупность машин, представляющая экономически целесообразную номенклатуру, обеспечивающую потребность отрасли в них.

Параметрический ряд — последовательность числовых значений одного или нескольких параметров, характеризующих и однозначно определяющих главные эксплуатационные показатели машин.

Типажи и параметрические ряды разрабатываются в соответствии с перспективными планами развития горной отрасли промышленности. Сейчас существуют типажи всех основных средств транспорта (электровозов, вагонеток, ленточных и скребковых конвейеров).

На основании типажей разрабатываются и утверждаются ГОСТы, которые регламентируют важнейшие параметры машин (производительность, габариты, массу, тип привода и пр.)

Внедрение ГОСТов способствует снижению номенклатуры изделий, унификации основных узлов типов машин, повышению их технического уровня, серийности производства, что в масштабе отрасли даёт экономический эффект.

1.3 Назначение и классификация транспорта

Транспорт горных предприятий предназначен для перемещения полезного ископаемого от забоев до погрузочного пункта на поверхности шахты, породы в отвал, доставки закладочного материала в выработанное пространство, крепежных и других материалов, машин, оборудования и запасных частей к забоям, а также для перевозки людей к местам работы и обратно. К рудничному транспорту относятся также процессы погрузки, разгрузки, складирования и другие процессы, сопутствующие перевозке грузов.

Различают транспорт *внутренний* (в границах горного предприятия), — *внешний* (вне предприятия), подземный и поверхностный.

Перемещение горной массы любым способом по забоям и от забоев конвейерами называют *доставкой*, в вагонетках по рельсовым путям с углом наклона от 0 до 30° — *откаткой*, в вагонетках и скипах по рельсовым путям с углом наклона более 30° и конвейерами по наклонным стволам шахт (независимо от угла наклона) — *подъемом*. Транспорт называется *основным* (перевозка полезных ископаемых) или *вспомогательным* (перевозка оборудования, вспомогательных материалов и людей). Порода и закладочные материалы могут перевозиться средствами основного или вспомогательного транспорта.

В зависимости от средств механизации и способа транспортирования различают следующие виды транспорта: *локомотивный, конвейерный, самоходный, канатный, скреперный, гидравлический, пневматический, монорельсовый, гравитационный* и др.

Наиболее прогрессивными видами основного транспорта следует считать конвейерный и гидравлический, которые обеспечивают непре-

рывное, поточное перемещение грузов при минимальных затратах ручного труда, так как легко поддаются автоматизации.

По *принципу действия* средства шахтного транспорта разделяют на установки непрерывного действия (конвейеры, гидравлический транспорт и др.) и циклического (периодического) действия (локомотивы, скреперы, установки с концевыми тяговыми канатами и др.).

По *способу транспортирования* различают установки, перемещающие груз волочением (скребковые конвейеры, скреперы и др.), скольжением (гравитационные установки), микробросками (вибрационные конвейеры), на грузонесущих элементах (ленточные конвейеры, вагонетки и др.), в воздушной (пневмотранспорт) и в водной (гидротранспорт) среде.

По *типу тяговых элементов* средства транспорта разделяют на установки с тяговыми цепями (скребковые конвейеры, элеваторы, толкатели), с лентами (ленточные конвейеры, элеваторы), с канатами (канатные концевые и бесконечные откатки, монорельсовые дороги с канатной тягой, канатно-подвесные дороги), с колесами (локомотивы, самоходные вагоны, погрузочные и погрузочно-транспортные машины), с гусеничными тяговыми элементами (тракторы, бульдозеры, погрузочные машин.), а также без тяговых элементов (качающиеся и вибрационные конвейеры и питатели, гидро- и пневмотранспортные установки, средства гравитационного транспорта).

По *типу грузонесущих элементов* различают установки с движущимися грузонесущими элементами (вагонетки, ленточные и пластинчатые конвейеры, ковшовые элеваторы), колеблющимися (качающиеся и вибрационные конвейеры) и без грузонесущих элементов, но с грузовмещающими элементами – желобами, настилами, трубами (скребковые и винтовые конвейеры, установки гравитационного, гидро- и пневмотранспорта).

По *роду потребляемой энергии и типу привода* различают электрические, пневматические, гидравлические, дизельные и гравитационные транспортные установки.

По *продолжительности работы без перемещения* на новое место подразделяются на стационарные (более 1,5 лет на одном месте), полустационарные (до 1,5 лет) и передвижные (до 15 суток).

К вспомогательному транспортному оборудованию относят питатели, затворы, погрузчики, перегружатели, толкатели, разгрузочное

оборудование, компенсаторы высоты, путевые стопоры, тормоза и др. К транспортным машинам относят также погрузочные, погрузочно-транспортные и закладочные машины.

1.4 Комплексы и схемы транспорта

Под *комплексом шахтного транспорта* понимают управляемую систему, объединяющую транспортные машины, установки и вспомогательное оборудование (включая перегрузочные, погрузочно-разгрузочные устройства, а также средства диспетчеризации и автоматизации) и предназначенную для перемещения полезного ископаемого, породы, закладочного материала и вспомогательных грузов по определенным транспортным коммуникациям в заданном направлении.

В зависимости от места размещения транспортных средств и их назначения различают:

– *участковые* транспортные комплексы, которые размещены в горизонтальных, наклонных и вертикальных выработках, расположенных в пределах выемочной панели или выемочного участка этажа, и предназначены для транспортирования полезного ископаемого от очистных забоев до основного горизонта шахты, полезного ископаемого и породы или только породы от подготовительных забоев до основного горизонта, оборудования и вспомогательных грузов к очистным и подготовительным забоям и для перевозки людей;

– *магистральные* транспортные комплексы, размещенные в главных горизонтальных и капитальных наклонных выработках, предназначенные для транспортирования полезного ископаемого и породы от участковых транспортных комплексов до ОД, вспомогательных грузов и перевозки людей от ОД к участковым выработкам;

– транспортные комплексы ОД, предназначенные 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*, предназначенные для транспортирования полезного ископаемого и породы от ствола шах-

ты до средств внешнего транспорта или до мест складирования (складов полезного ископаемого, отвалов породы);

– комплексы, предназначенные для транспортирования *закладочных материалов* с поверхности до мест закладки выработанного пространства в шахте.

Под *схемами транспорта* понимают совокупность схем транспортных выработок и других транспортных коммуникаций, на которых условными обозначениями показываются виды и наименования типов применяемого транспортного оборудования и устройств.

Различают *схемы подземного* транспорта и транспорта *поверхности* шахт. Схемы подземного транспорта в связи с периодическим изменением места расположения очистных и подготовительных забоев в пределах шахтного поля и замены транспортного оборудования должны корректироваться в процессе эксплуатации шахт. Схемы транспорта поверхности шахт также корректируются в случае замены средств транспорта или изменения транспортных коммуникаций.

1.5 Грузооборот и грузопотоки

Грузооборот — количество груза в тоннах или кубических метрах, перемещаемого за сутки или год в пределах горного предприятия.

Обычно большую часть грузооборота на шахтах составляет полезное ископаемое, меньшую – пустая порода, закладочные материалы и хозяйственно-технические грузы.

Грузооборот определяется проектной мощностью шахты и периодически изменяется по мере развития горных работ.

Нормами технологического проектирования установлен следующий ряд мощностей угольных шахт: 6000, 8000, 10000, 12000, 15000, 20000 и 25000 т/сутки и более.

Грузопоток — количество груза в тоннах или кубических метрах, перемещенного по определенной трассе в единицу времени (смену, час, минуту).

Грузопотоки полезного ископаемого являются *основными*. Их величина значительно изменяется во времени, что приводит к недогрузке или, наоборот, к перегрузке средств транспорта в отдельные периоды работы. Степень неравномерности грузопотока характеризуется коэффициентом неравномерности $k_{н\bar{}}$, величина которого изменяется в широких пределах в зависимости от различных факторов – технических, технологических, организационных и др. Коэффициент неравномерности определяется на основании статистических данных или расчетным путем.

Наибольшей неравномерностью характеризуются грузопотоки из очистных и подготовительных забоев, наименьшей – в магистральных выработках и ОД.

Максимальная величина часовых грузопотоков в магистральных выработках крупных угольных шахт достигает 3500 т/ч, а рудных — 6500 т/ч, что требует применения различных по производительности средств транспорта. В некоторых случаях оказывается необходимым использование транспортных установок с регулируемой в широком диапазоне производительностью.

Выбор средств транспорта производят по максимальной для данных условий эксплуатации величине грузопотока, который в таких случаях называют *расчетным*, A_p т/ч, т/мин.

Контрольные вопросы

1. В чем заключаются особенности работы горных транспортных машин?
2. Какие требования предъявляются к горным транспортным машинам?
3. Для чего разрабатываются типажи, параметрические ряды и ГОСТы горных транспортных машин?
4. Каковы основные виды транспорта и области применения горных транспортных машин?
5. Как классифицируются горные транспортные машины?
6. Что понимают под комплексом шахтного транспорта?
7. Каковы основные виды грузопотоков?
8. Какой грузопоток называется расчетным?

2 ОБОРУДОВАНИЕ РЕЛЬСОВОГО ТРАНСПОРТА. ВАГОНЫ. ВАГОНЕТКИ

2.1 Рельсовые пути

Устройство и элементы рельсового пути.

Рудничный рельсовый путь состоит из верхнего и нижнего строения.

Верхнее строение — это рельсы и элементы их скрепления, накладки, противоугоны, шпалы и балластный слой.

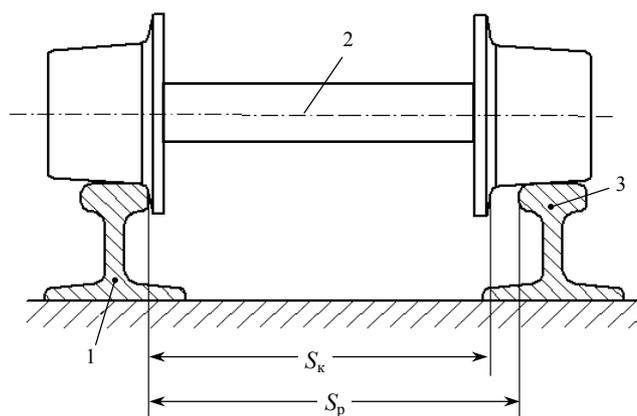
Нижнее строение — это земляное полотно, мосты, подпорные стенки, почва выработки с водоотводной канавой (в шахтах).

Расположение рельсового пути в пространстве определяется трассой, планом и профилем.

Трасса — осевая линию рельсового пути.

Проекцию трассы на горизонтальную плоскость называют планом рельсового пути, а на вертикальную плоскость — профилем пути.

Две нитки рельсов образуют рельсовую колею, ширина которой S_p определяется расстоянием между внутренними поверхностями головок рельсов (рис. 2.1).



1, 3 — рельсы; 2 — колесная пара или полускат

Рисунок 2.1 — Схема взаимодействия ходовой части подвижного состава с рельсовым путем

На угольных шахтах по стандарту величина S_p равна 600 и 900 мм, на рудных шахтах — 600, 750 и 900 мм.

Рельсы служат направляющими для рудничных вагонеток и локомотивов. Для исключения зажатия реборд колес между рельсами вследствие неточности укладки рельсового пути величину S_p принимают большей ширины колесной колеи S_k (расстояния между наружными кантами реборд колес) на величину свободного зазора 10 мм.

Рельсы изготавливают из специальной рельсовой стали и термически обрабатывают. Рельсы от Р8 до Р24 (цифры указывают массу 1 м рельса, кг) называются узкоколейными, Р33 — для промышленного транспорта, свыше 38 (до 75) — рельсы широкой колеи. В шахтах применяются рельсы Р18, Р24, Р33, Р38 и Р43. Тип рельсов откаточных выработок принимают в зависимости от грузопотока за весь срок службы рельсового пути. При этом для вагонеток вместимостью до 2 м³ применяют рельсы Р24, для вагонеток большей вместимости — рельсы Р33 и Р38. В промежуточных и вентиляционных выработках допускается применение рельсов Р18.

Отрезки рельсов длиной 6...12,5 м соединяют между собой с помощью накладок и болтов. В шахтах, не опасных по газу или пыли, в ОД и главных откаточных выработках со сроком службы пути не менее 5 лет рекомендуется производить сварку стыков (длина участка до 800 м).

На каждую шпалу рельс опирается через подкладку, увеличивающую площадь опорной поверхности рельса. Применяют плоские и клинчатые подкладки. Последние придают рельсам уклон внутрь колеи (подуклон), равный конусности бандажей колес подвижного состава. При использовании плоских подкладок деревянные шпалы под подошвами рельсов затесывают для придания рельсам наклона внутрь колеи.

Шпалы служат для закрепления рельсов и передачи давления от рельсов балласту. Применяются деревянные, железобетонные и металлические шпалы.

Наиболее широко применяют деревянные шпалы, изготовленные из сосны, ели, пихты. Они просты в изготовлении, имеют относительно низкую стоимость и удобны при укладке. Недостатком деревянных шпал является их небольшой срок службы (до 2 ... 3 лет). Шпалы, про-

питанные антисептиками (креозотовым маслом, фтористым натрием или хлористым цинком), служат по 5 ... 8 лет.

Железобетонные шпалы имеют значительно больший срок службы. Их недостаток – высокая стоимость, жесткость, хрупкость. Однако применение железобетонных шпал значительно снижает трудоемкость и затраты на поддержание рельсового пути. Железобетонные шпалы рекомендуется применять для укладки в главных откаточных выработках при сроке службы пути более 8 ... 10 лет.

Металлические шпалы используют на проходческих временных путях.

Рельсы скрепляют с деревянными шпалами костылями, забиваемыми в предварительно насверливаемые отверстия в шпалах, с железобетонными шпалами – болтовыми соединениями или костылями, забиваемыми в деревянные пробки, пропитанные антисептиками.

Для предотвращения продольного перемещения (угона) рельсов на подошве рельса устанавливают клиновые или пружинные противоугоны.

Балластный слой предназначен для равномерного распределения давления от шпал на нижнее строение, предохранения шпал от сдвига, смягчения ударов от подвижного состава, отвода воды и для выравнивания почвы выработки. Материал балласта должен обладать хорошей упругостью, не подвергаться слеживанию и размоканию, не крошиться, хорошо пропускать воду.

Материалом для балласта служит щебень твердых пород крупностью 20 ... 70 мм и гравий крупностью 20 ... 40 мм. Толщину балластного слоя на постоянных рельсовых путях принимают не менее 100 мм при грузопотоке до 4000 т/сутки и 150 мм — при большей величине грузопотока.

Пространство между шпалами (шпальные ящики) засыпают балластом на 2/3 толщины шпалы, а просвет между балластом и подошвой рельса оставляют не менее 30 мм.

Почве, на которую укладывают балласт, в обводненных выработках для лучшего стока воды придают поперечный уклон, равный 0,02 в сторону водоотводной канавы.

Стрелочный перевод.

Рельсовые пути на разветвлениях соединяют между собой с помощью стрелочных переводов. Стрелочный перевод (рис. 2.2) состоит из остряков 1, рамных и переводных рельсов 3, крестовины 4 и контррельсов 5. Остряки представляют собой два подвижных пера, соединенных тягами с переводным механизмом 2. В одном из рабочих положений острие пера прижимается к одному из рамных рельсов. Крестовина, устанавливаемая в месте разрыва рельсов, состоит из сердечника и двух усювиков, образующих вместе с краями сердечника канавки для пропуска реборды колес. Для предотвращения схода колес напротив крестовины устанавливают контррельсы. Соединительная часть стрелочного перевода включает прямые участки и переводные кривые.

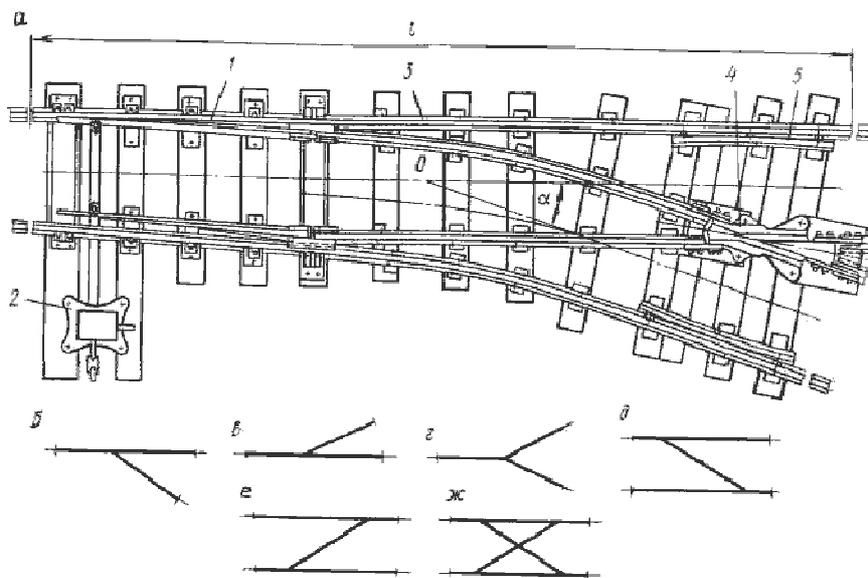
Основным параметром стрелочного перевода является марка крестовины $M=2\text{tg}(\alpha/2)$, где α — центральный угол сердечника крестовины (см. рис. 2.2).

Для рудничных рельсовых путей применяют крестовины марки 1/4, 1/5 и 1/7, иногда 1/2 и 1/3. Чем больше марка крестовины, тем меньше длина стрелочного перевода и тем труднее вписывание подвижного состава в поворот.

Длина стрелочного перевода определяется от стыка рамного рельса у остряков до стыка, расположенного за крестовиной.

Стрелочные переводы бывают односторонние левые и правые, симметричные (см. рис. 2.2). Пример обозначения ПО933–1/4–20П: односторонний; ширина колеи 9 дм; тип рельса Р33, марка крестовины 1/4; радиус переводной кривой 20 м, правое исполнение. Съезды бывают левые и правые, перекрестные.

Управление стрелочными переводами может быть с ручным приводом, пружинным и дистанционным. Наибольшее распространение получает дистанционное управление с пульта диспетчером или с движущегося локомотива машинистом. При этом для перевода стрелки используют различные стрелочные приводы: электромагнитные (соленоидные), электромеханические и гидравлические.



- а — устройство стрелочного перевода;*
б–г — переводы (б — односторонний правый;
в — односторонний левый; г — симметричный);
д–ж — съезды (д — односторонний правый;
е — односторонний левый; ж — перекрестный)

Рисунок 2.2 — Типы стрелочных переводов и съездов

В электромагнитном приводе сердечники электромагнитов через рычажную систему соединены с тягами подвижных перьев стрелочного перевода. Отключение катушек электромагнита после перевода стрелки осуществляется концевыми выключателями.

В электромеханическом приводе перевод стрелки осуществляется асинхронным короткозамкнутым двигателем через винтовую пару, гайка которой закреплена в полем роторе двигателя, а винт соединен с тягой стрелочного перевода.

В гидравлическом приводе перевод стрелки осуществляют гидродомкратом. Маслостанция привода располагается непосредственно у стрелочного перевода. В случае отказа перевод стрелок может быть произведен ручным насосом.

При переводе стрелки с движущегося электровоза от устройств, размещенных на электровозе, подается высокочастотный сигнал-импульс в аппаратуру управления электромагнитным приводом стрелочного перевода.

2.2 Укладка и содержание рельсового пути

Шахтные пути.

В подземных выработках согласно ПБ должны соблюдаться следующие зазоры между подвижным составом и крепью выработки на высоте 1,8 м от головки рельсов: расстояние от крепи до наиболее выступающей части подвижного состава 0,7 м для прохода людей, с другой стороны подвижного состава — не менее 0,25 м при рамном креплении и не менее 0,2 м при сплошном креплении (бетон, камень).

Для двухколейного пути расстояние междупутя должно обеспечивать зазор между выступающими частями подвижного состава не менее 0,2 м.

При укладке рельсового пути в прямолинейной выработке сначала наносят маркшейдерскую ось и по оси расставляют штыри через 10 ... 15 м, а на стенке выработки на высоте 1 м от головки рельсов закрепляют реперы. Выполняют планировку почвы, после чего раскладывают шпалы, концы которых располагают по шнуру. Расстояние между осями шпал должно быть не более 700 мм. Рельсовые стыки с зазорами не более 5 мм располагают на весу между сближенными шпалами. Затем рельсы между собой сболчивают, пришивают одну нитку рельсов к шпалам и по путевому шаблону пришивают вторую нитку. После этого делают предварительную рихтовку рельсового пути по оси, пространство между шпалами засыпают балластом и поднимают путь домкратами до проектной отметки. Далее подштопками и подбойками подбивают балласт сначала под рельсы, а потом под шпалы, которые заглубляются в балласт на $\frac{2}{3}$ их высоты.

Расположение головок рельсов на одном уровне контролируют ступенчатой рейкой, уклоны — ватерпасом. Окончательная рихтовка пути заключается в передвижке рельсовых ниток для придания им строгой прямолинейности. После рихтовки ширину колеи еще раз проверяют по шаблону. Допускается расширение рельсовой колеи не более чем на 4 мм и сужение не более чем на 2 мм относительно установленной ширины рельсовой колеи.

Радиусы закруглений рельсовых путей в плане принимают согласно ПБ.

Для уравнивания центробежной силы горизонтальной составляющей веса и сохранения устойчивости подвижного состава на закруглениях наружный рельс приподнимают по отношению к внутреннему рельсу на 15 ... 60 мм.

На закруглениях рельсовые пути укладывают с превышением наружного рельса над внутренним и с уширением колеи.

Из расчетной схемы (рис. 2.3), пренебрегая уширением рельсового пути и полагая $\operatorname{tg}\alpha \approx \sin\alpha$ (α — угол наклона вагонетки), находим превышение (в миллиметрах) наружного рельса над внутренним:

$$\Delta h = 10^3 \frac{S_p v^2}{gR}, \text{ мм,}$$

где v — скорость движения подвижного состава (вагонетки), м/с;
 R — радиус закругления криволинейного участка, м;
 g — ускорение свободного падения, м/с².

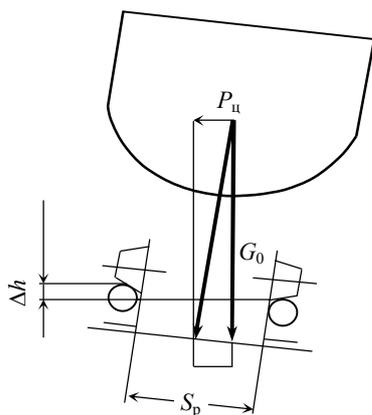


Рисунок 2.3 — Расчетная схема системы «вагонетка — рельсовый путь» на закруглении

На закруглениях рельсовую колею во избежание зажатия реборд колес уширяют. Обычно уширение колеи достигается отодвиганием внутреннего рельса к центру кривой на величину 5 ... 15 мм.

На главных откаточных выработках продольный профиль путей выбирают с таким углом наклона в сторону ОД, при котором сила сопротивления движению порожнего состава на подъем была бы равна силе сопротивления при движении груженого состава под уклон к стволу. Такой уклон называют уклоном равного сопротивления.

Для обеспечения стока воды уклон пути принимают обычно не менее 3 ‰ (до 5 ‰), хотя по расчету его величина может оказаться несколько меньшей.

Наиболее распространенными соединениями являются закругления, примыкание со стрелочным переводом, соединение для перехода от двухколейного пути к одноколейному, стрелочный треугольник.

Карьерные пути.

Пути подразделяют по следующим признакам:

- по времени пребывания на одном месте — постоянные (год и более), передвижные;
- по ширине колеи — широкой колеи — 1524 мм (для зарубежного оборудования 1435 мм), узкой колеи — 750 мм (для зарубежного — 900 мм);
- по количеству рельсов — двухрельсовые; многорельсовые (для отвальных мостов, экскаваторов — до 8 рельсов).

Нижнее строение создают искусственно. Поперечный профиль должен обеспечивать устойчивость, дренаж и ограждение от поверхностных вод.

Путевые работы включают строительство, переукладку, ремонт и эксплуатацию.

Трассу размечают по оси пути кольями. Звенья пути и блоки стрелочных переводов собирают преимущественно на механизированных звеньесборочных базах, грузят на платформы, перевозят и укладывают.

Для перемещения путей наиболее часто применяют железнодорожные краны. Кран движется по рельсовому пути отступающим ходом и переносит на новый путь отдельные звенья.

Перемещение звеньев может осуществляться специальным трактором-турнодозером, оборудованным краном. Захватив один рельс, турнодозер приподнимает путь, отъезжает на шаг передвижки. Таким образом, совершая челноковые движения, турнодозер осуществляет передвижку. Достоинства турнодозера: простота, большая производительность, невысокая стоимость, небольшой износ пути, возможность перемещения через канавы, малая стоимость передвижки.

Пути можно перемещать без разборки путепередвижателями циклического или непрерывного действия. В путепередвижателе непрерыв-

ного действия мостового типа передняя по ходу тележка движется по старому пути, задняя по новому пути, рельсозахватный механизм, расположенный посередине, приподнимает рельсы на 0,4 м и смещает на шаг передвижки (до 0,5 м).

2.3 Железнодорожные вагоны

Основными параметрами вагонов являются: грузоподъемность q , т; емкость кузова $V_{\text{г}}$, м³; коэффициент тары $k_{\text{т}}$; количество осей и нагрузка на ось, ширина колеи $S_{\text{к}}$, мм; габариты.

Вагоны классифицируют по следующим признакам:

– по конструкции кузова грузовых вагонов — крытые вагоны; открытые вагоны (полувагоны); платформы;

– по способу разгрузки полувагонов — гондолы, разгружающиеся через люки в днище или в опрокидывателях; хопперы, отличающиеся наклонными стенками кузова и разгружающиеся через люки; думпкары, имеющие опрокидывающийся кузов;

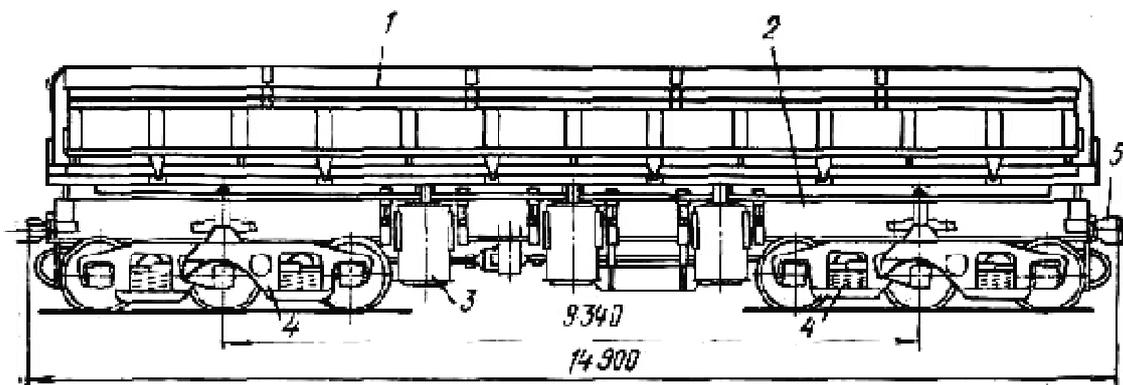
– по ширине колеи — широкой колеи (1524 мм), узкой колеи (750, 900, 1000 мм).

Гондолы применяются для транспортирования угля и породы во внешнюю сеть или на обогатительные фабрики.

Хоппер — саморазгружающийся двух или четырехосный полувагон.

Платформы на карьерах применяются для вспомогательных целей (доставка оборудования и материалов).

Наиболее распространенным типом вагонов для транспортирования руды и породы является думпкар (рис. 2.4), разгружаемый с помощью пневмоцилиндров, обеспечивающих наклон кузова под углом 45° с одновременным подниманием борта. Можно производить поочередную разгрузку каждого вагона или одновременную всего состава. Отечественной промышленностью выпускаются думпкары (вагоны саморазгружающиеся) типа ВС грузоподъемностью 50, 60, 85, 105 и 180 т с числом осей 4, 6 и 8. Коэффициент тары думпкара 0,48 ... 0,38.



1 — кузов; 2 — рама; 3 — цилиндр опрокидывания кузова;
4 — ходовая тележка; 5 — автосцепка

Рисунок 2.4 — Думпкар грузоподъемностью 105 т

Грузоподъемность думпкара согласовывается с емкостью ковша экскаватора (46 емкостей ковша).

Нагрузка на ось определяется прочностью железнодорожного пути. Поэтому для 4-осных думпкаров грузоподъемность ограничена весом 7580 т. В вагонах большей грузоподъемности применяются 6 и 8 осей.

2.4 Рудничные вагонетки и секционные поезда

Общие сведения и классификация.

Рудничные вагонетки подразделяют на грузовые, предназначенные для транспортирования полезного ископаемого, породы и других насыпных грузов; пассажирские; вспомогательные — для доставки стройматериалов, леса, оборудования и пр.

Грузовые вагонетки по конструкции кузова и способу разгрузки подразделяют на четыре основные группы:

- с глухим жестко закрепленным на раме вагонетки кузовом (типа ВГ), разгрузка в круговых опрокидывателях;
- с кузовом, снабженным откидными днищами (типа ВД, ВДК), разгрузка через днище;
- с кузовом, шарнирно закрепленным на раме и поднимающимся откидным бортом (типа ВБ), разгрузка осуществляется при наклоне кузова и подъеме борта;

– с глухим опрокидным кузовом (типа ВО), разгрузка при опрокидывании кузова.

По типу сцепок различают вагонетки с крюковыми вращающимися сцепками, штыревыми вращающимися, автоматическими (замыкание автоматическое, размыкание вручную с помощью тяги).

Кроме того, для транспортирования полезных ископаемых и породы применяют саморазгружающиеся вагоны (типа ВК) с донным конвейером и секционные бункерные поезда.

Основными параметрами грузовых вагонеток являются: вместимость кузова, собственная масса вагонетки, грузоподъемность, коэффициент тары, ширина колеи, жесткая база, габаритные размеры, удельное сопротивление движению.

Главный параметр вагонеток — вместимость кузова.

Вместимость кузова, выраженная в м^3 , указывается после буквенного обозначения вагонетки, например ВГ1,6, ВД3,3.

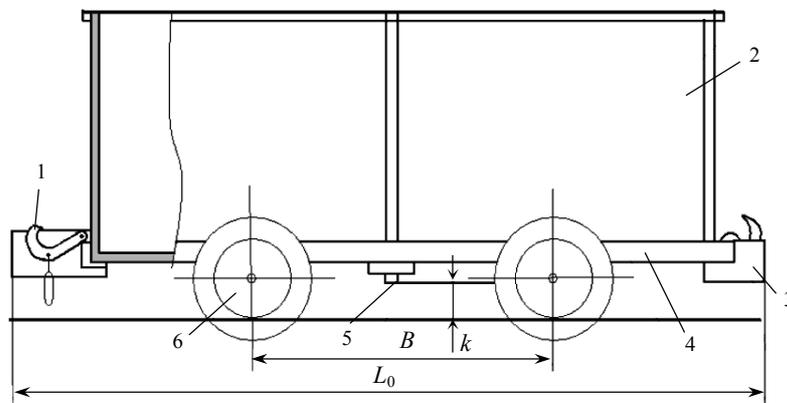
Заводами выпускаются вагонетки параметрического ряда типа ВГ вместимостью 0,7; 1,0; 1,1; 1,3; 1,4; 1,6; 2,5; 3,3; 4,5; 9,5 м^3 ; ВД и ВДК — 3,3 и 5,6 м^3 ; ВБ — 1,6; 2,5 и 4,0 м^3 ; ВО — 0,5; 0,8 и 1,0 м^3 .

Для конкретных условий оптимальный тип вагонетки и вместимость кузова определяют на основании технико-экономических расчетов, критерием которых является минимум приведенных затрат, включающих стоимость содержания вагонного парка, погрузочных и разгрузочных комплексов, очистки и поддержания откаточных выработок.

Наибольшее распространение в горной промышленности получили *вагонетки с глухим кузовом* и полукруглым днищем (61 % в рудной и 96 % в угольной промышленности), благодаря высокой надежности при эксплуатации в тяжелых условиях горного производства.

Вагонетка состоит (рис. 2.5) из следующих основных элементов: кузова 2; рамы 4 (имеются безрамные вагонетки с самонесущим кузовом); полускатов 6 (ось с двумя свободно вращающимися на ней колесами) или колесных пар (ось с жестко закрепленными на ней колесами);

подвагонного упора 5 (для взаимодействия с кулаками толкателя, подвагонной цепью или компенсатором высоты); двух буферов 3; двух сцепных устройств 1.



1 — сцепной прибор; 2 — кузов; 3 — буфер; 4 — рама; 5 — подвагонный упор;
6 — колесная пара или полускат

Рисунок 2.5 — Шахтная (рудничная) вагонетка с глухим кузовом

Комплект из двух полускатов называется скатом.

Вагонетки с откидными днищами применяют, в основном, на угольных шахтах, реже на рудных.

В вагонетке типа ВД две шарнирно закрепленные створки днища открываются, поворачиваясь вокруг осей, расположенных поперек кузова. В закрытом положении створки удерживаются затворами в виде двуплечих рычагов. Одно плечо рычага поддерживает днище, а другое — взаимодействует при разгрузке с поворотной шиной.

При подходе вагонетки к разгрузочной яме наружные плечи рычагов затворов взаимодействуют с шинами, створки освобождаются, ролики створок опускаются на разгрузочные кривые. При дальнейшем движении вагонетки створки плавно открываются, и груз разгружается в яму. Закрывание створок после их подъема на кривых осуществляется автоматически.

Достоинством вагонеток с откидными днищами типа ВД является быстрая разгрузка состава вагонеток на ходу, недостатками — наличие свободной (мертвой) зоны внутри бункера или разгрузочной ямы, так как при разгрузке створки опускаются между рельсами ниже головок на

0,7 ... 0,9 м, что требует автоматического контроля заполнения бункера; заштыбовка разгрузочных кривых.

Вагонетка типа ВДК имеет более совершенную конструкцию. В них две створки днища клапанного типа открываются, поворачиваясь вокруг осей, расположенных вдоль кузова. При этом створки днища в открытом положении находятся выше головок рельсов. В закрытом положении шарнирно закрепленные створки удерживаются замковым рычажным устройством с пружинами, работающими на кручение, что исключает их самопроизвольное открывание при движении.

Разгрузка горной массы из вагонетки осуществляется при движении над бункером, при этом ролики, закрепленные на створках, накатываются на лыжи открывающего устройства, замковые рычажные устройства освобождают створки, которые под действием собственного веса открываются, и горная масса высыпается в бункер. При дальнейшем движении вагонетки ролики взаимодействуют с лыжей закрывающего устройства, и створки днища закрываются.

Вагонетки типа ВДК разгружаются при скорости движения до 1,8 м/с. При этом исключается зависание горной массы в кузове вагонетки. Эти вагонетки применяют не только для транспортирования угля, но могут быть использованы при закладке породы в выработанное пространство на шахтах с крутым залеганием пластов и балластировке рельсового пути. При отсутствии разгрузочных шин затворы днищ можно открывать вручную.

Вагонетки типа ВБ с откидным бортом применяются в рудных шахтах для транспортирования крупнокусковой крепкой руды и обеспечивают разгрузку без опрокидывателя. В этих вагонетках кузов с одной стороны шарнирно закреплен на раме. С противоположной стороны на кузове закреплен ролик, взаимодействующий при разгрузке с наклонной шиной. При этом кузов наклоняется, и одновременно приподнимается борт, соединенный с рамой и кузовом через шарнирно-рычажную систему. Разгрузка может осуществляться только на одну сторону. При сходе бокового ролика с шины кузов с бортом возвращается в исходное положение.

Существует другая разновидность вагонеток с откидным бортом, разгрузка которых осуществляется с помощью штокового опрокидывателя.

Достоинством вагонеток с откидным бортом является возможность транспортирования и безостановочной разгрузки крупнокусовых грузов, недостатки – большой коэффициент тары по сравнению с вагонетками с глухим кузовом, сложность конструкции, возможность просыпания мелочи.

Вагонетки с глухим опрокидным кузовом используют для транспортирования руды и при откатке породы из подготовительных забоев. Основным преимуществом этих вагонеток является возможность разгрузки в любом месте без опрокидывателя, их недостатки – необходимость выполнения ручных операций и значительный коэффициент тары вагонетки.

Секционный поезд образуется из отдельных шарнирно соединенных между собой секций вагонеток без торцовых стенок. Секционный поезд по сравнению с составом из обычных вагонеток имеет меньший коэффициент тары, меньшее время разгрузки, не требует межвагонных перекрывающих устройств на погрузочных пунктах. Применение секционных поездов в угольных шахтах обеспечивает создание поточной локомотивной откатки с повышением ее производительности на 15 ... 20 %.

Секционный поезд ПС3,5-900 состоит из передней, задней и промежуточных секций, снабженных откидными днищами, как и у вагонеток типа ВДК. Промежуточная секция представляет собой кузов, у которого вместо торцовых стенок закреплены резиновые фартуки (межсекционные перекрыватели). Каждая промежуточная секция, имеющая один полускат с одного конца, вторым концом опирается на полускат соседней секции. Передняя секция снабжена двухосной тележкой. Концевая секция в отличие от промежуточной секции, выполняется с задней торцовой стенкой и автосцепкой.

Число секций поезда определяется конкретными условиями эксплуатации.

На рудных шахтах при проведении подготовительных выработок находят применение вагонетки типа ВК с донным конвейером, бункера-вагоны ВПК7 и ВПК10 с кузовом вместимостью 7 и 10 м³, обеспечивающие непрерывную приемку, аккумуляцию и разгрузку горной массы в рудоспуск.

Устройство основных узлов. Кузов вагонетки выполняют сварным из стальных листов толщиной 48 мм. Днище кузова в его поперечном сечении имеет полукруглую, трапециевидную или прямоугольную форму. Для увеличения жесткости верхнюю часть кузова усиливают обвязкой из полосовой стали или уголкового проката и предусматривают продольные гофры.

Для увеличения долговечности кузова изготавливают из низколегированных сталей, подвергают горячему оцинкованию.

Кузов вагонетки крепится на раме клепано-сварной конструкции, состоящей из двух продольных швеллеров с отогнутыми полками. В вагонетках большой грузоподъемности швеллеры между собою соединяют дополнительными поперечными связями.

Оси полускатов соединяют с рамой вагонетки, в зависимости от вместимости кузова, либо жестко, либо с помощью пружинных или резинометаллических амортизаторов, предназначенных для снижения динамических нагрузок на ходовую часть вагонетки при ее движении.

Каждый полускат вагонетки состоит из закрепляемой на ее раме оси с двумя колесами, в ступицах которых размещены по два роликоподшипника.

Обод колеса выполняют конической формы для обеспечения устойчивого движения вагонетки.

Буфера закреплены на раме вагонетки и служат для амортизации ударов при столкновении вагонеток и уменьшения опасности травматизма при выполнении вручную операций по расцепке и сцепке. Буфера бывают жесткие и эластичные с пружинными или резиновыми амортизаторами.

Сцепные устройства вагонеток подразделяют на простые и автоматические, а по конструктивному выполнению — на неврещающиеся и вращающиеся, последние обеспечивают возможность разгрузки вагонеток в круговых опрокидывателях без расцепки состава.

Простые сцепные устройства — вращающиеся сцепки, требующие выполнения ручных операций, устанавливают на вагонетках с кузовом небольшой вместимости. Соединение вагонеток производят набрасыванием звена одной сцепки на крюк другой.

Автоматические вращающиеся сцепки обеспечивают автоматическое сцепление вагонеток при их столкновении. Расцепление вагонеток производят нажатием на рычаг механизма расцепления одной из сцепок.

Эксплуатация рудничных вагонеток должна производиться в строгом соответствии с ПТЭ и ПБ. Поступающие на шахту вагонетки сначала подвергают тщательному осмотру, снабжают инвентарным номером и регистрируют в книге ремонтов.

Устойчивость вагонеток.

Коэффициент поперечной (боковой) устойчивости (рис. 2.6)

$$K_{\sigma} = \frac{M_{\text{в}}}{M_{\text{о}}} \geq 1,2,$$

где $M_{\text{в}}$, $M_{\text{о}}$ — моменты восстанавливающий и опрокидывающий вагонетку в поперечном направлении относительно оси, проходящей через точки A касания колес с внешним рельсом, кН·м,

$$M_{\text{в}} = gG \frac{S_{\text{п}}}{2}; \quad M_{\text{о}} = \frac{Gv^2}{R} h_0 = P_{\text{ц}} h_0;$$

G — масса вагонетки с грузом, т; h_0 — превышение центра массы вагонетки над головками рельсов, м; $P_{\text{ц}}$ — центробежная сила, кН.

Поперечная устойчивость рудничных вагонеток обычно обеспечивается при угле устойчивости (см. рис. 2.6) $\alpha \geq 22^\circ$.

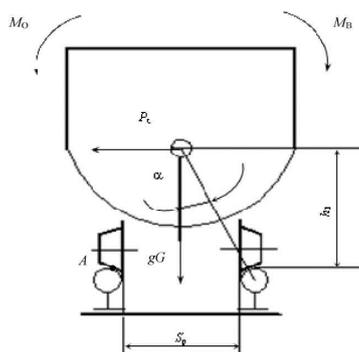


Рисунок 2.6 — Расчетная схема к определению коэффициента боковой устойчивости

Коэффициент продольной устойчивости (рис. 2.7)

$$K_{\text{пр}} = \frac{M_{\text{в}}}{M_{\text{о}}} \geq 1,2,$$

где $M_{\text{в}}$, $M_{\text{о}}$ — восстанавливающий и опрокидывающий моменты относительно оси, проходящей через точки C касания колес с рельсами, кН·м,

$$M_{\text{в}} = gG_0 \frac{B}{2}; \quad M_{\text{о}} = P_{\text{и.в}} h_0 + gG_{\text{г}} l + P_{\text{и.г}} h_{\text{г}};$$

G_0 — масса порожней вагонетки, т; $P_{\text{и.в}}$, $P_{\text{и.г}}$ — силы инерции порожней вагонетки и находящегося в конце кузова груза массой $G_{\text{г}}$ (т), кН; l — удаление центра массы груза от ближайшей оси колесной пары, м; $h_{\text{г}}$ — превышение центра массы груза над головками рельсов, м.

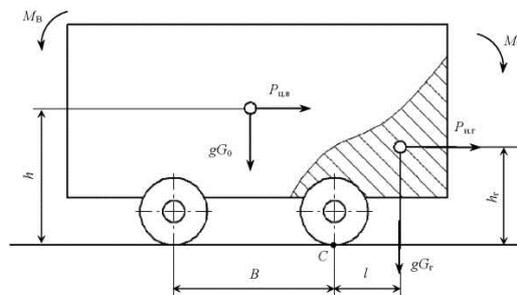


Рисунок 2.7 — Расчетная схема к определению продольной устойчивости

Контрольные вопросы

1. Из каких элементов состоит рельсовый путь?
2. Какой предусматривается зазор по ширине колеи?
3. Что такое трасса, план и продольный профиль пути?
4. Как определяется величина уклона железнодорожного пути?
5. Какие типы рельсов, шпал и скреплений применяются на карьерном железнодорожном транспорте?
6. Из каких элементов состоит стрелочный перевод? Что называется маркой стрелочного перевода?
7. Какова последовательность операций при укладке и передвижке рельсовых путей в карьерах?
8. В чем заключается принципиальное различие между переукладкой и передвижкой железнодорожного пути?

9. Какие типы вагонов применяются в горной промышленности?
10. Каковы основные параметры вагонов?
11. Что такое коэффициент тары вагона и как он определяется?
12. Из каких основных элементов состоит думпкар?
13. Каков принцип действия автосцепки?
14. Какой основной параметр шахтных вагонеток?

3 РЕЛЬСОВЫЙ ТРАНСПОРТ КАРЬЕРОВ

3.1 Общие сведения о железнодорожном транспорте

Локомотивы. На открытых разработках получили распространение локомотивы на электрической и тепловой тяге, а также их комбинации.

Основными параметрами локомотивов являются ширина колеи, сцепной вес, мощность тяговых двигателей, осевая формула, конструктивная скорость движения, минимальный радиус поворота и линейные размеры.

Сцепной вес — это вес локомотива, приходящийся на его ведущие колеса.

Сцепной вес тепловозов и электровозов составляет 9 ... 18 кН; тяговых агрегатов — 36 ... 37,5 кН. Чем больше сцепной вес, тем больше производительность состава и тем больший подъем можно преодолеть.

Мощность электродвигателя определяется режимом его работы. Различают часовой и длительный режимы работы двигателя. Первому соответствуют часовые значения тока, силы тяги, скорости движения, второму — длительные ток, сила тяги и скорость.

Часовой ток — это условно постоянный ток, протекающий по обмоткам тяговых двигателей в течение часа при условии, что ни одна часть двигателей не перегревается.

Длительный ток условно постоянный ток, протекающий по обмоткам двигателя в течение смены, при условии, что ни одна часть двигателей не перегревается. Показателем энерговооруженности локомотива является удельная мощность.

Осевая формула показывает число ходовых тележек, которые соединены между собой или нет, и число осей в тележке.

Например, $2_0+2_0+2_0$ — три двухосные тележки, все оси тяговые (индекс «0»), между тележками существует кинематическая связь (знак «+»).

Минимальный радиус поворота составляет 50 м, конструктивная скорость движения — 60 км/ч. К линейным размерам относятся длина, ширина и высота, которые должны соответствовать габаритам приближения строений и подвижного состава.

Электрическая тяга на карьерах имеет ряд *достоинств*:

- возможность преодоления значительных подъемов без существенного снижения скорости движения (до 45 %, а при тяговых агрегатах — до 60 %);

- высокая удельная мощность (10 ... 18 кВт) и способность выдерживать значительные кратковременные перегрузки;

- возможность увеличения сцепной массы объединением нескольких секций;

- высокая экономичность (коэффициент полезного действия электрического локомотива составляет 0,86 ... 0,88);

- незначительная зависимость от климатических условий и свойств транспортируемого груза.

Электрическая тяга осуществляется при различных напряжениях и видах тока. При постоянном токе используется напряжение 1500 и 3000 В на токоприемнике электровоза, при переменном токе получила распространение система однофазного переменного тока промышленной частоты 50 Гц напряжением 10 и 25 кВ. С возрастанием глубины, грузооборота карьеров и, следовательно, с увеличением сцепного веса и мощности локомотивов для уменьшения потерь энергии в контактной сети потребовалось увеличение напряжения в ней.

При переходе при постоянном токе на напряжение 3000 В тяговые двигатели соединяются последовательно (так как они рассчитаны на напряжение 1500 В). Это приводит к снижению реализуемого коэффициента сцепления колес локомотива с рельсами. Применение тиристорных преобразователей напряжения позволяет существенно увеличить коэффициент сцепления.

При системе однофазного переменного тока по контактному проводу подается напряжение в 10 ... 25 кВ с понижением и выпрямлением

его на локомотиве, что несколько усложняет конструкцию локомотива, но значительно упрощает систему электроснабжения.

Если при питании локомотивов постоянным током на тяговой подстанции производится понижение напряжения и преобразование переменного тока в постоянный, то при переменном токе на тяговой подстанции производится только понижение напряжения до 10 ... 25 кВ.

Расположение и число тяговых подстанций определяются длиной, разветвленностью и характером трассы, а также величиной грузопотока.

Тяговые подстанции могут быть стационарными (расположенными на одном из бортов карьера) и передвижными (передвигающимися по мере за развития горных работ).

Контактная сеть в карьерах подразделяется на стационарную и передвижную (на забойных или отвальных передвижных участках).

Основными элементами контактной сети являются опоры и медный контактный провод.

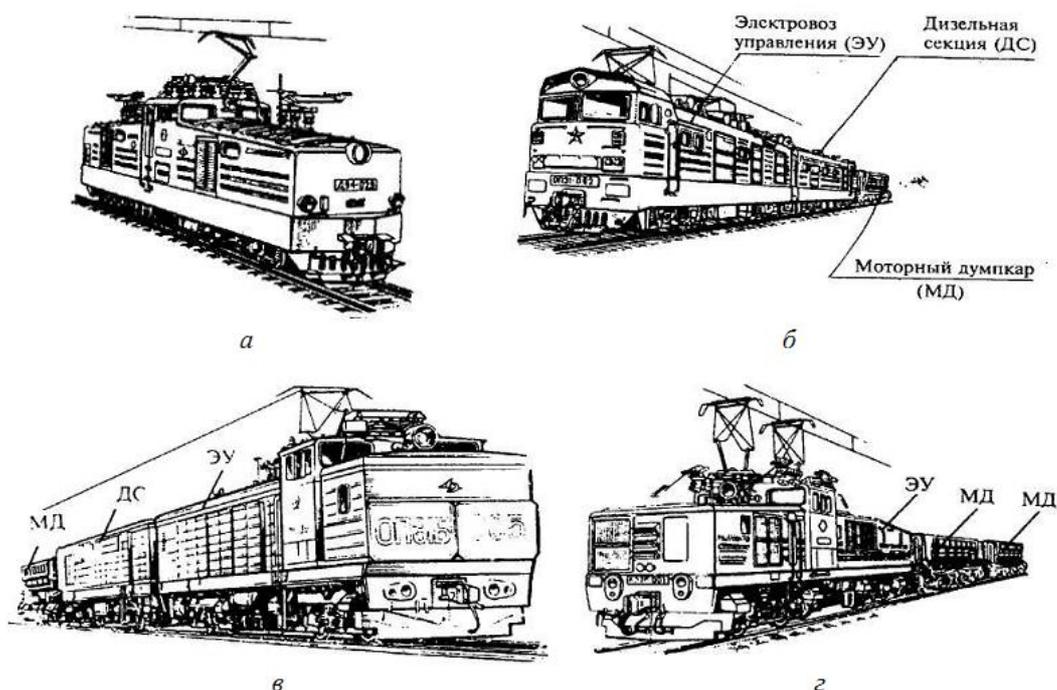
Стационарная контактная сеть подвешивается над осью пути. Передвижная контактная сеть, перемещаемая вслед за продвижением фронта работ, располагается сбоку от железнодорожного полотна, чтобы не мешать экскаваторной загрузке вагонов.

Локомотивы на электрической тяге представляют собой одно- или многосекционные локомотивы — электровозы.

На карьерах применяются одиночные электровозы постоянного тока EL1 и EL2 германского и 26Е чешского производства, а также электровозы переменного тока Д94 Днепропетровского электровозостроительного завода (НПО «ДЭВЗ»).

Тяговые агрегаты. Большое распространение получила комбинация этих двух видов тяги, реализованная в тяговых агрегатах – многосекционных локомотивах, каждая из секций которых развивает соответствующую часть тягового усилия и имеет определенное функциональное назначение. В состав тягового агрегата могут входить следующие секции: электровоз управления (ЭУ), секция автономного питания (дизельная секция — ДС) и моторный думпкал (МД) (рис. 3.1).

Электровоз управления тягового агрегата так же, как и обычный электровоз, содержит аппаратуру для управления и питания всех двигателей тягового агрегата.

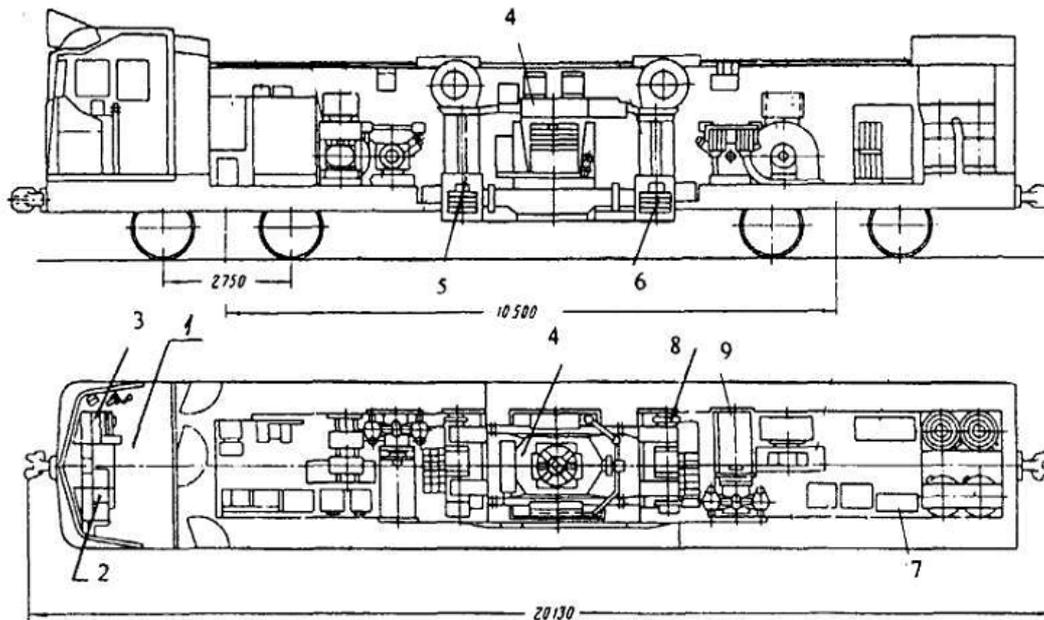


*а — электровоз Д94; б — тяговый агрегат ОПЭ1;
в — тяговый агрегат ОПЭ1А; г — тяговый агрегат*

Рисунок 3.1 — Общий вид локомотивов на электрической тяге

На электровозе управления тягового агрегата переменного тока (рис. 3.2) расположены пульт управления (кабина машиниста 1 и его помощника 2 с измерительными приборами 3 и механизмами управления), тяговый трансформатор 4, выпрямительные установки 5 со сглаживающим реактором 6, пуско-тормозные сопротивления 7, мотор-компрессор 8 (для снабжения поезда сжатым воздухом) и блок мотор-вентилятора 9.

На электровозе управления тягового агрегата постоянного тока также имеется пост управления, пуско-тормозные сопротивления, компрессорная и вентиляторная установки (но отсутствуют трансформатор и выпрямительная установки). Секция автономного питания имеет дизель-генераторную установку мощностью 1000–1500 кВт для питания всех секций тягового агрегата при движении по неэлектрифицированным (забойным или отвальным) путям. На секции автономного питания размещены дизель-генераторная группа 2, аккумуляторная группа 3, вентилятор 4, а также кабина 1 (для автономного управления с секции), различная измерительная и защитная аппаратура (рис. 3.3).



1, 2 — кабины машиниста и помощника; 3, 4 — приборы управления, тяговый трансформатор; 5, 6 — выпрямительная установка, сглаживающий реактор; 7 — пуско-тормозные сопротивления; 8 — мотор-компрессор; 9 — блок мотор-вентилятора

Рисунок 3.2 — Размещение оборудования на электровозе управления тягового агрегата переменного тока

Моторный думпкар представляет собой комбинацию думпкара и тяговой единицы, так как оси его приводные, т. е. оборудованы тяговыми электродвигателями (рис. 3.4).

При различном сочетании секций тягового агрегата допускаются следующие режимы его работы:

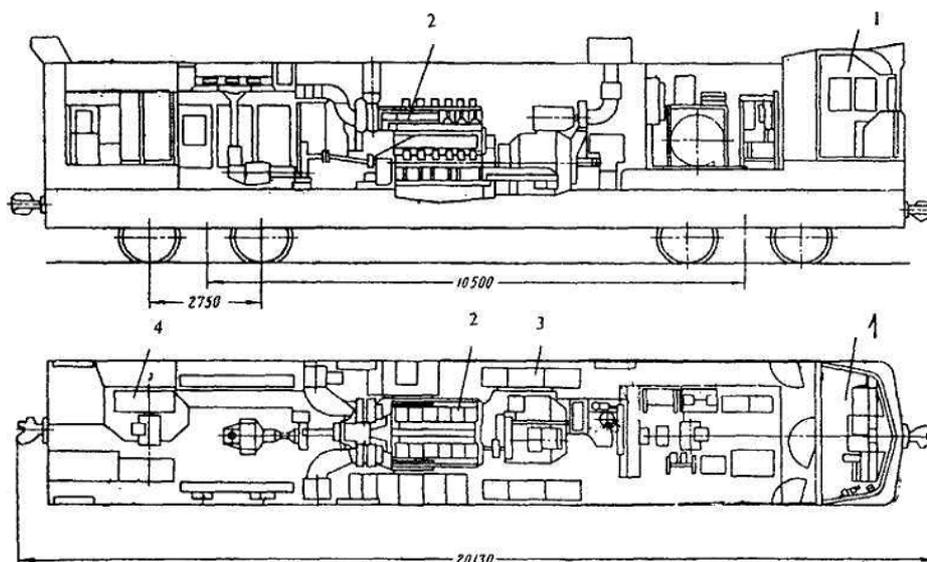
1) электровоз управления как самостоятельная тяговая единица (работают 4 тяговых двигателя) в контактном режиме;

2) электровоз управления в сцепе с секцией автономного питания (работают 8 тяговых двигателей) в контактном режиме;

3) секция автономного питания как самостоятельная тяговая единица (работают все двигатели — 8 или 12) в автономном режиме;

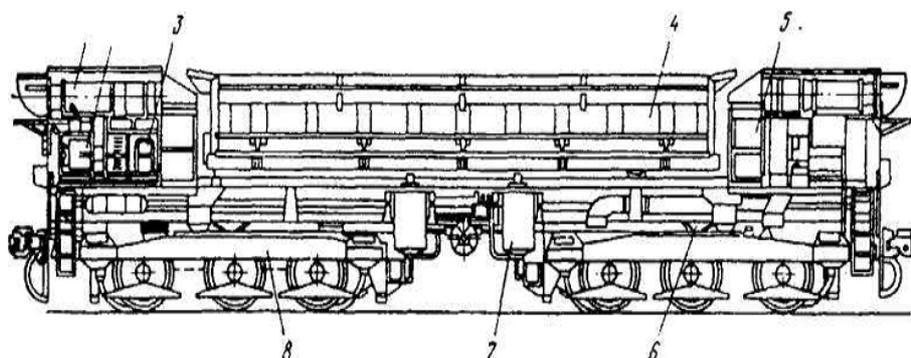
4) электровоз управления в сцепе с секцией автономного питания и моторным думпкаром — основное сочетание тяговых единиц (работают все 12 двигателей) в контактном или автономном режиме;

5) электровоз управления с одним или двумя моторными думпками (работают 8 или 12 двигателей).



1 — кабина управления; 2 — дизель-генераторная группа;
3 — аккумуляторная группа; 4 — вентилятор

Рисунок 3.3 — Размещение оборудования на секции автономного питания тягового агрегата ОПЭ1



1 — блок тормозных сопротивлений; 2 — тормозной переключатель;
3 — реверсивный переключатель; 4 — кузов; 5 — жалюзи; 6 — шаровая связь;
7 — цилиндр опрокидывания; 8 — трехосная тележка

Рисунок 3.4 — Схема расположения оборудования на моторном думпкоре

Тяговые агрегаты оборудованы, как правило, следующими видами тормозов: пневматическим поездным, ручным с приводом на все колесные пары, электромагнитным рельсовым и электрическим реостатным.

Для экстренной остановки поезда применяют обычно пневматический (механический) и электромагнитный рельсовый (если он имеется) тормоза. Ручной тормоз служит для удерживания тягового агрегата при длительной стоянке.

Электрический реостатный тормоз, являясь основным рабочим тормозом современных агрегатов, служит для поддержания скорости и ее регулирования при движении поезда.

Широкое распространение получили отечественные тяговые агрегаты постоянного (шифр ПЭ) и переменного (шифр ОПЭ) тока, а также немецкие тяговые агрегаты переменного тока EL10 и EL20.

Устройство локомотива.

Локомотив состоит из механической, пневматической и электрической частей.

К механическому оборудованию относятся тележки и кузов.

Кузов карьерного локомотива может быть будочного или вагонного типа. Электровоз Д94, электровозы управления тяговых агрегатов ОПЭ1А, ОПЭ1Б, ПЭ2М, ПЭ3Т и другие имеют кузов будочного типа, а электровозы управления тяговых агрегатов ОПЭ1, EL10, EL20 — вагонного.

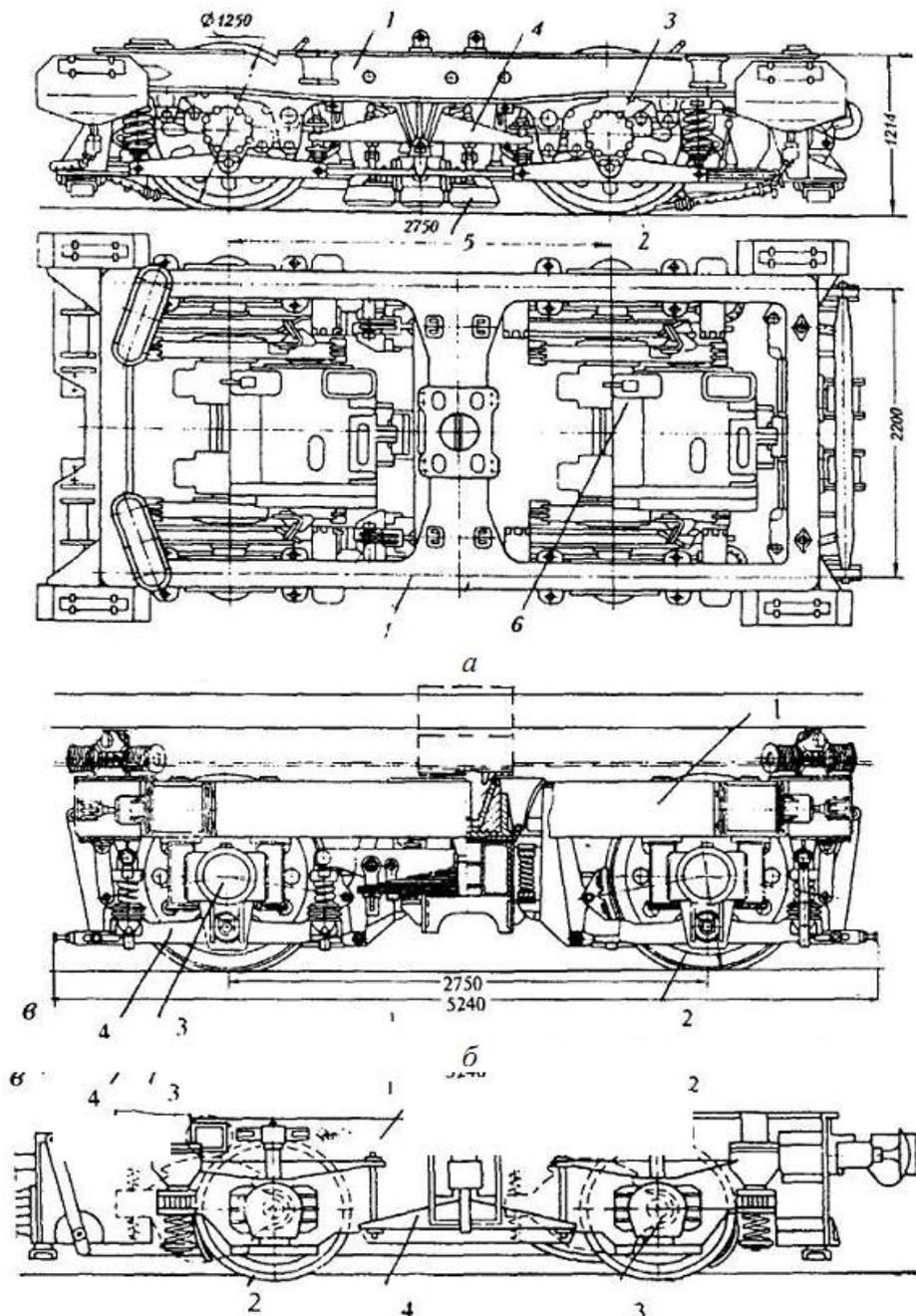
Кузов будочного типа имеет центрально расположенную кабину управления и два скоса по обе стороны от нее. У кузова вагонного типа кабины управления расположены по торцам, а оборудование — в центре.

Кузов электровоза опирается центральной пятой и двумя боковыми скользящими опорами на каждую из ходовых тележек. Центральные опоры предназначены для передачи давления кузова на тележки, боковые — для придания кузову поперечной устойчивости.

Тележки электровозов, электровозов управления, секций автономного питания и моторных думпкаров унифицированы.

Тележка состоит из рамы 1, колесных пар 2 с буксами 3, рессорного подвешивания 4 и тормозной системы (рис. 3.5).

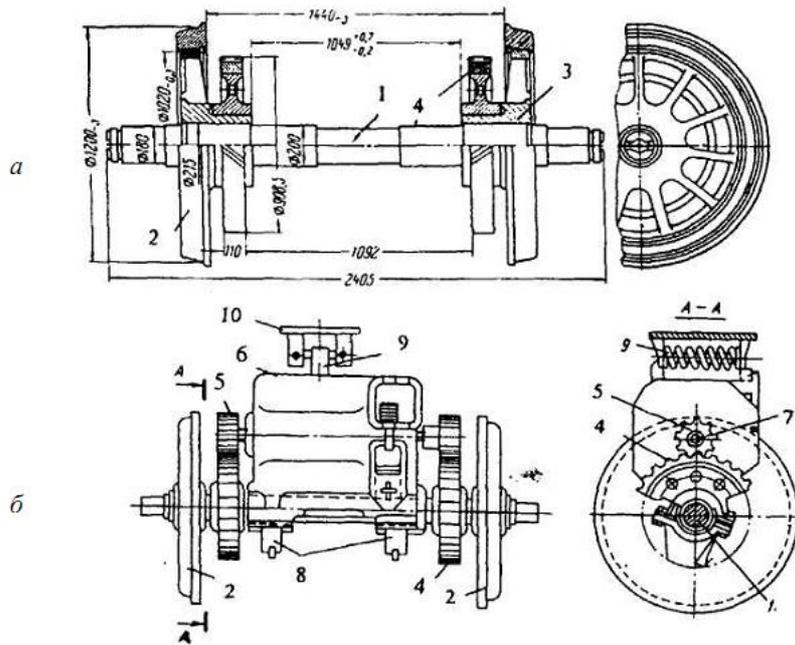
Кроме того, между боковинами рамы на каждой оси размещается тяговый электродвигатель и тяговая передача 6, приводящие ходовую ось во вращение.



- 1 — рама; 2 — колесная пара; 3 — буксы;
 4 — рессорная подвеска; 5 — тормозная система;
 б — тяговая передача тяговых агрегатов и локомотивов

Рисунок 3.5 — Тележки ОПЭ1В (а); ПЭ2М, ПЭ3Т, ОПЭ2, ОПЭ1А, ОПЭ1Б (б); 26Е (в)

Рама тележки объединяет все узлы и служит для распределения веса кузова с оборудованием и боковых усилий, возникающих при прохождении криволинейных участков трассы, через рессоры на колесные пары (рис. 3.6).



1 — ось; 2 — колесные центры; 3 — бандажи; 4 — зубчатые колеса;
 5 — шестерни; 6 — электродвигатели; 7 — вал тягового электродвигателя;
 8 — проушины; 9 — механизм закрепления; 10 — рама тележки

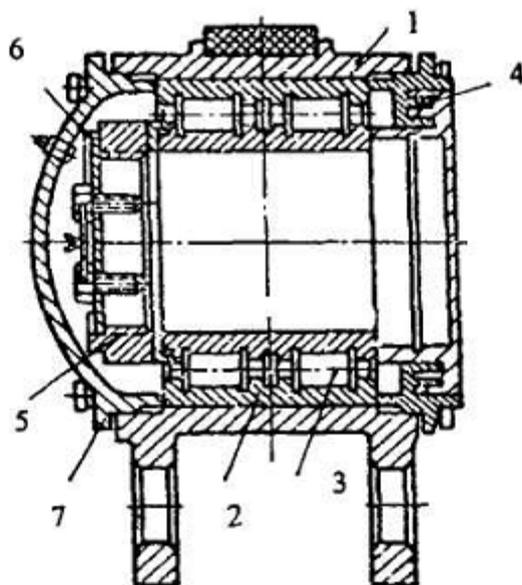
Рисунок 3.6 — Колесная пара электровоза (а) и подвеска тягового двигателя (б)

Колесная пара состоит из оси 1, двух колесных центров 2 с бандажами 3 и одного или двух (при мощности тягового двигателя более 250 кВт применяется двусторонняя зубчатая передача) зубчатых колес 4 (рис. 3.6, а).

В зацепление с зубчатыми колесами 4 входят шестерни 5, насаженные на оба конца вала 7 тягового электродвигателя 6, закрепленного проушинами 8 на оси 1 и механизмом 9 к раме тележки 10 (рис. 3.6, б). На концах оси предусмотрено закрепление буксовых подшипников шайбами.

Буксы служат для передачи усилий от колесных пар к раме тележки. На одиночных электровозах применена традиционная для локомотивов (и для вагонов) челюстная букса, корпус которой вертикально перемещается в вырезе рамы.

На электровозах Д94 и большинстве тяговых агрегатов используются буксы с подшипниками качения, которые состоят из корпуса 1, двух подшипников 2 с роликами 3, лабиринтного уплотнения 4, торцевого бортового кольца 5 для передачи осевых сил на шейку корончатой гайки со стопорным кольцом 6 и смотровой крышкой 7 (рис. 3.7).



1 — корпус; 2 — подшипники; 3 — ролики; 4 — лабиринтное уплотнение;
 5 — торцевое бортовое кольцо; 6 — стопорное кольцо;
 7 — смотровая крышка

Рисунок 3.7 — Букса с подшипником качения (электровоз Д94)

Рессорное подвешивание обеспечивает смягчение динамических усилий, передаваемых от колесных пар, и равномерное распределение нагрузки между осями. Для смягчения ударов используются листовые рессоры 1, так как трение в них способствует быстрому затуханию колебаний, и цилиндрические пружины 2, амортизирующие удары при прохождении небольших неровностей пути.

Нагрузки распределяются балансирами 3, соединяющими рессоры отдельных осей (рис. 3.8). Балансиры выполняются в виде листовых рессор или жестких балок. Группа сбалансированных рессор представляет собой одну точку подвешивания.

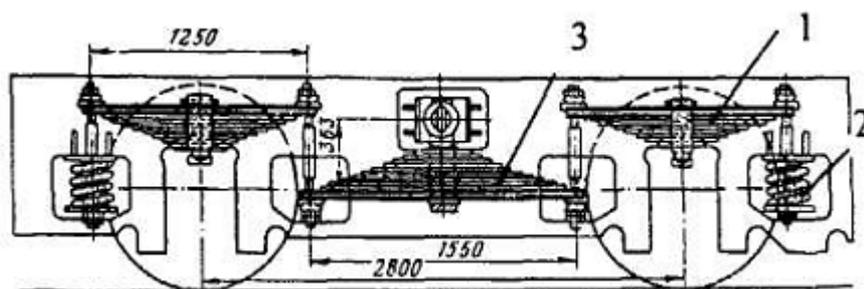
Тормозная система (индивидуальная для каждой тележки) состоит из двух тормозных цилиндров, тормозной рычажной передачи, тормозных башмаков, в которых укрепляются тормозные колодки.

Пневматическая часть электровоза и тягового агрегата состоит из следующих систем:

- тормозной, служащей для воздушного торможения локомотива и состава;

- управления, обслуживающей сжатым воздухом приборы управления с пневматическим приводом (токоприемник и аппараты);
- вспомогательной, обслуживающей сигнализацию, сеть пескоподдачи и разгрузки думпкаров.

Для получения сжатого воздуха предназначены компрессоры.



1 — листовая рессора; 2 — цилиндрические пружины;
3 — балансиры

Рисунок 3.8 — Схема рессорной балансирной подвески тележек электровоза

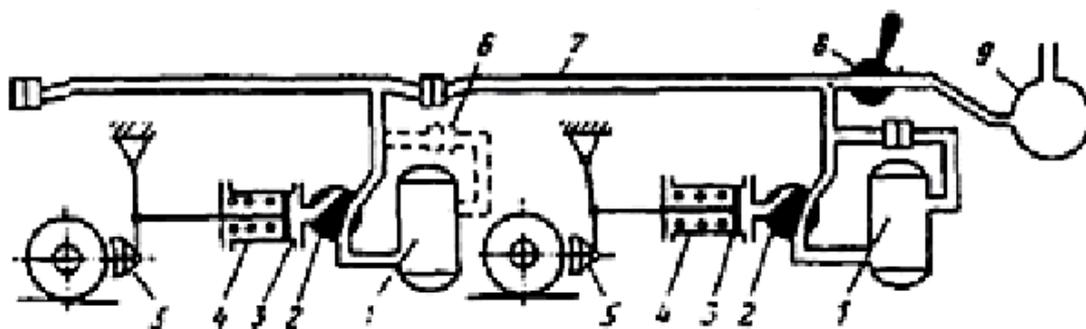
Тормозная система представляет собой систему рычагов, связывающих тормозные колодки с рабочим тормозным цилиндром.

На локомотивах применяют пневматические и автоматические прямодействующие и непрямодействующие тормоза.

Схема автоматического непрямодействующего тормоза показана на рисунке 3.9. Она включает резервуары 1 и тройные клапаны 2. При зарядке тормозной системы магистраль 7 соединяется с главным резервуаром 9. Под давлением воздуха тройные клапаны приходят в действие и соединяют магистраль 7 с запасными резервуарами, а тормозные цилиндры 4 — с атмосферой.

При этом колодки 5 отходят от колес и растормаживают их. При повороте крана 8 в положение, соответствующее торможению, или при разрыве воздушной магистрали давление воздуха в системе резко понижается, тройные клапаны отключают магистраль от запасных резервуаров и соединяют с тормозными цилиндрами. Воздух из запасных резервуаров поступает в тормозные цилиндры и, передвигая поршни 3, прижимает колодки к колесам.

Автоматический прямодействующий тормоз содержит дополнительный обратный клапан *б*, обеспечивающий прохождение воздуха в запасные резервуары при торможении и препятствующий выходу воздуха из запасных резервуаров в магистраль.



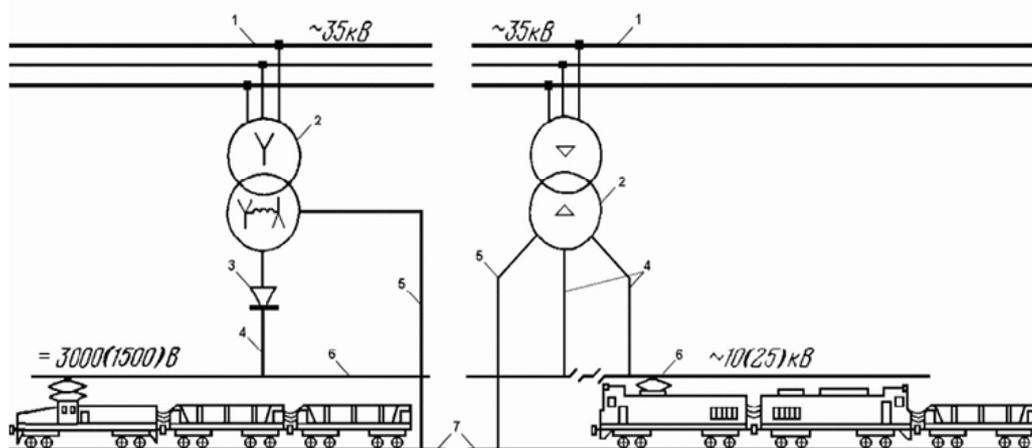
- 1* — резервуары; *2* — тройные клапаны; *3* — поршни;
4 — тормозные цилиндры; *5* — колодки; *б* — обратный клапан;
7 — магистраль; *8* — кран; *9* — главный резервуар

Рисунок 3.9 — Схема автоматического непрямодействующего тормоза

На карьерных электровозах применяются *двигатели постоянного тока* последовательного (серийного) возбуждения, так как они характеризуются простотой конструкции, большой перегрузочной способностью (возможностью возрастания силы тяги при трогании), автоматическим снижением частоты вращения (скорости) при увеличении нагрузки (т. е. незначительном росте мощности при увеличении нагрузки).

Тяговые электродвигатели характеризуются часовым режимом.

Соответствующие часовому режиму ток двигателя и силу тяги называют также часовыми. В карьерных условиях расчетным может быть принят 15-минутный (или 30-минутный режим), так как этого времени в ряде случаев может быть достаточно для преодоления наиболее тяжелых участков трассы, где требуется повышенное тяговое усилие локомотива (за счет перегрузочной способности двигателей). Схемы питания электроэнергией электроприводов и тяговых агрегатов приведены на рисунке 3.10.



- 1 — линии электропередач; 2 — тяговая подстанция;
 3 — кремниевые выпрямители; 4 — питающие линии;
 5 — отсасывающая линия; 6 — контактная сеть; 7 — рельсы

Рисунок 3.10 — Схемы питания электроэнергией электроподвижного состава

Управление локомотивом включает трогание с места, регулирование скорости, изменение направления движения и торможение.

При трогании с места локомотивов переменного тока на одних из них (электровоз Д94, тяговый агрегат ОПЭ1) различными комбинациями включения вторичных обмоток трансформатора осуществляется ступенчатое повышение напряжения, подаваемого через кремниевые выпрямители на тяговые двигатели (соединенные параллельно), на других (тяговые агрегаты ОПЭ2, ОПЭ1А, ОПЭ1Б) блок полупроводниковых выпрямителей не только преобразует переменный ток в постоянный, но и плавно регулирует напряжение в пределах каждой ступени трансформатора (что на 7 ... 10 % повышает реализуемую силу тяги).

Для трогания с места локомотивов постоянного тока двигатели соединяются последовательно или последовательно-параллельно, а в их цепь дополнительно включаются резисторы, ограничивающие пусковой ток.

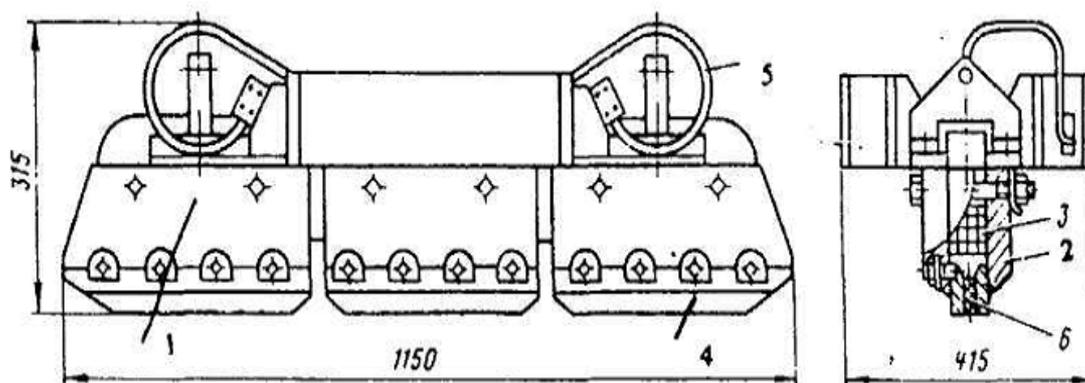
Повышение напряжения на зажимах двигателя, а значит, и скорости, достигается последовательным выключением секций пусковых резисторов.

Дальнейшее увеличение скорости движения осуществляется переходом на параллельное соединение двигателей и опять-таки выведением пусковых резисторов (электровозы ЕЛ1, ЕЛ2, 26Е, тяговые агрегаты

ПЭ2, ПЭ2М). На тяговом агрегате ПЭЗТ применено плавное тиристорно-импульсное регулирование напряжения при постоянном параллельном соединении тяговых двигателей, что позволяет несколько увеличить реализуемую силу тяги.

Электрическое торможение производится при вращении посредством зубчатой передачи якорей двигателей и обращении последних в генераторы постоянного тока. При поглощении энергии, вырабатываемой генераторами, сопротивлениями (включенными в цепь генераторов) и превращении ее в тепло возникает тормозной эффект.

Электромагнитный тормоз состоит из тормозного башмака, имеющего три секции стальных магнитопроводов – полюсов 2 и катушек 3, питаемых напряжением 50 В. К магнитопроводам крепятся съемные накладки 4, трущиеся о рельс. На каждой тележке электровоза или моторного вагона размещается по два башмака (рис. 3.11).



- 1 — тормозной башмак; 2 — стальной магнитопровод-полюс;
 3 — катушка; 4 — съемная накладка; 5 — токопровод;
 6 — диамагнитная вставка

Рисунок 3.11 — Тормозной башмак электромагнитного рельсового тормоза

Для питания электрической энергией силовая цепь подключается с одной стороны к контактной сети через токоприемники, а с другой — через ходовые части подвижного состава к рельсам, служащим обратным проводом, крепятся съемные накладки 4, трущиеся о рельс.

На каждой тележке электровоза или моторного вагона размещается по два башмака.

Тепловозы.

Достоинства тепловозов:

- автономность работы (нет контактной сети);
- сокращение времени на переукладку неэлектрифицированных путей, что повышает производительность погрузочно-транспортного оборудования на 10 ... 15 %.

Недостатки тепловозов: капитальные затраты на их приобретение выше на 15 ... 20 %, а преодолеваемые уклоны ниже, чем при электрифицированном транспорте из-за небольшой удельной мощности.

Область эффективного применения тепловозов — сравнительно неглубокие карьеры, большая протяженность передвижных путей, места, удаленные от электростанций.

Устройство тепловозов.

Локомотивы на тепловой тяге, оборудованные двигателем внутреннего сгорания, — тепловозы могут иметь передачу: 1) механическую (мотовозы); 2) гидромеханическую; 3) электромеханическую.

Тепловозы с механической и гидромеханической передачами передают небольшие мощности, соответственно, до 300 и 900 кВт. Поэтому на карьерах они имеют ограниченное применение (обычно на вспомогательных работах).

Основное применение получили *тепловозы с электромеханическими передачами* (система дизель–генератор постоянного или переменного тока питает электрической энергией тяговые осевые электродвигатели и вспомогательные машины).

Тепловозы ТЭМ1, ТЭМ2 и ТЭМ3 с электромеханической передачей имеют сцепной вес 12 ... 12,2 кН и дизель мощностью 735 ... 880 кВт. Оборудование тепловозов смонтировано на раме, установленной на двух трехосных тележках. Кузов тепловоза состоит из пяти частей: кабины машиниста (где установлен пульт с приборами управления тепловозом); машинного отделения (где на валу дизеля установлен главный генератор, кроме того, от дизеля приводится в движение компрессор, вентиляторы охлаждения тяговых двигателей, генераторы для питания цепей управления и освещения и вентилятор холодильника); холодильной камеры; высоковольтной камеры; аккумуляторной. Тяго-

вые двигатели соединены последовательно в две группы по три в каждой. Топливный бак рассчитан на пять с половиной тонн топлива.

Тепловоз ТЭЗ (рис. 3.12) может работать в одном и двухсекционном исполнении (2ТЭЗ). Каждая секция сцепным весом 12,7 кН имеет дизель мощностью 1470 кВт. Дизель 5 и главный генератор 4 установлены в центре тепловоза на общей раме 10 и представляют собой единый силовой агрегат – дизель-генератор, общая масса которого достигает 30 т. Мощность от вала дизеля отбирается через передний 3 и задний 6 редукторы для привода агрегатов вспомогательного оборудования.

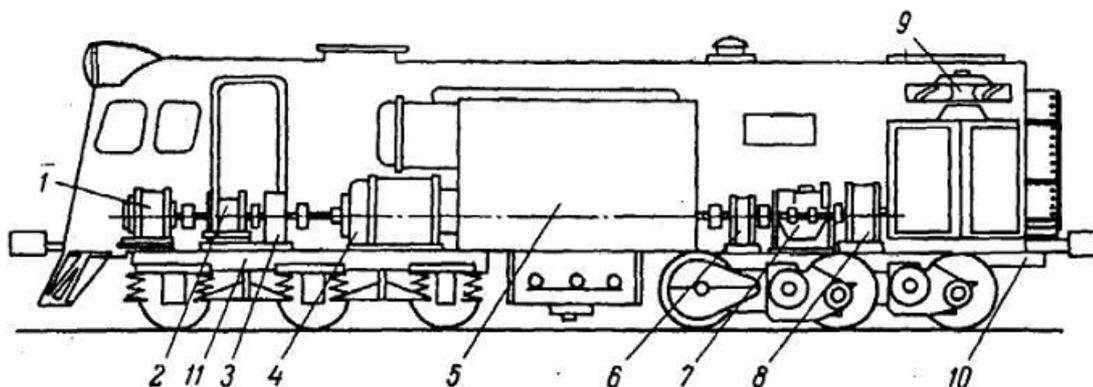


Рисунок 3.12 — Схема расположения оборудования на тепловозе с электромеханической передачей (ТЭ-ЗТ)

С передним редуктором связаны вентилятор 2, служащий для охлаждения двигателей передней тележки и двухмашинный агрегат 1, состоящий из возбuditеля, питающего обмотку главных полюсов, и вспомогательного генератора низкого напряжения для управления, освещения и т. д. С задним редуктором связан вентилятор для охлаждения двигателей задней тележки 7, тормозной компрессор 8 и вентилятор холодильника 9 (для охлаждения воды и масла).

Между кабиной и машинным отделением расположена высоковольтная камера, в которой размещены электрические аппараты тепловоза. По обеим сторонам дизеля (под полом) размещены аккумуляторные батареи. Рама тепловоза опирается на две трехосные тележки 11 с электродвигателями постоянного тока и последовательного возбуждения на трамвайной подвеске. По конструкции механической части тепловоз с электромеханической передачей аналогичен электровозу (рис. 3.12).

3.2 Основы теории

Сила тяги локомотива.

Во время движения на поезд действуют суммарные силы тяги, силы сопротивления движению и силы торможения.

Силой тяги локомотива называется искусственно создаваемая внешняя регулируемая сила, приложенная к центру колеса и направленная в сторону движения поезда.

Сила тяги F_T локомотива ограничивается сцепной массой локомотива, источником энергии, мощностью двигателя и максимально допустимым током двигателя. Общей для всех локомотивов является зависимость силы тяги от сцепной массы, т. е.

$$F_T \leq 10^3 \cdot P_{\text{сц}} \cdot \psi, \text{ Н}, \quad (3.1)$$

где $P_{\text{сц}}$ — сцепной вес локомотива, кН; ψ — коэффициент сцепления колес локомотива с рельсами, зависящий в основном от состояния поверхностей рельсов и колес, способа соединения тяговых двигателей локомотива, регулирования скорости и т. д.

В современных локомотивах все оси сцепные, поэтому $P_{\text{сц}}$ равен весу локомотива.

При последовательно-параллельном соединении тяговых двигателей и ступенчатом регулировании скорости (электровозы ЕЛ1, 2IE, 26E, тяговый агрегат ПЭ2М) коэффициент сцепления при движении в интервале скоростей 15 ... 30 км/ч составляет 0,22 ... 0,23, при трогании с места — 0,28 ... 0,3. При параллельном соединении тяговых двигателей и ступенчатом регулировании скорости (электровоз Д94, тяговый агрегат ОПЭ1) коэффициент сцепления при движении изменяется от 0,25 до 0,26, при трогании — от 0,32 до 0,34. При параллельном соединении тяговых двигателей и плавном регулировании скорости (тяговые агрегаты ОПЭ2, ОПЭ1А, ОПЭ1Б, ПЭ3Т) коэффициент сцепления при движении изменяется от 0,27 до 0,29, при трогании — от 0,34 до 0,36.

Зависимости скорости движения локомотива v и силы тяги F_T от тока двигателя I

$$v = f(I) \text{ и } F_T = f(I) \quad (3.2)$$

называют электромеханической характеристикой тягового двигателя (рис. 3.13).

Зависимость $F_T = f(v)$ — тяговая характеристика локомотива.

Тяговые и тормозные характеристики тяговых агрегатов ОПЭ2, ОПЭ1А и ОПЭ1Б приведены на рисунке 3.14, а тягового агрегата ПЭ2М — на рисунке 3.15.

Сила тяги тепловоза или тепловозной секции тягового агрегата зачастую ограничивается мощностью дизеля (иногда нагревом генератора). В этом случае касательная сила тяги F_T

$$F_T = 3600 \cdot N_{\text{диз}} \cdot \eta_{\text{Г}} \cdot \eta_{\text{В}} \cdot \eta_{\text{ДЗ}} / v, \text{ Н}, \quad (3.3)$$

где $N_{\text{диз}}$ — мощность на валу дизеля, кВт; $\eta_{\text{Г}}$ — КПД генератора; $\eta_{\text{В}}$ — коэффициент, учитывающий расход энергии на вспомогательные машины (привод вентилятора и т. д.); $\eta_{\text{ДЗ}}$ — КПД ЭД и зубчатой передачи.

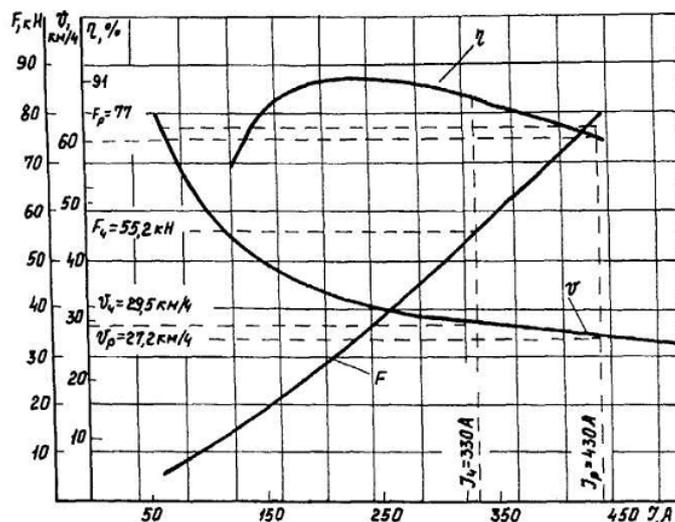


Рисунок 3.13 — Электромеханическая характеристика тягового двигателя электровоза

В тяговых расчетах также пользуются универсальной электромеханической характеристикой электровозов, в которой по осям абсцисс и ординат отложены относительные единицы (действительные значения силы тяги, скорости и тока, отнесенные к соответствующим параметрам часового режима).

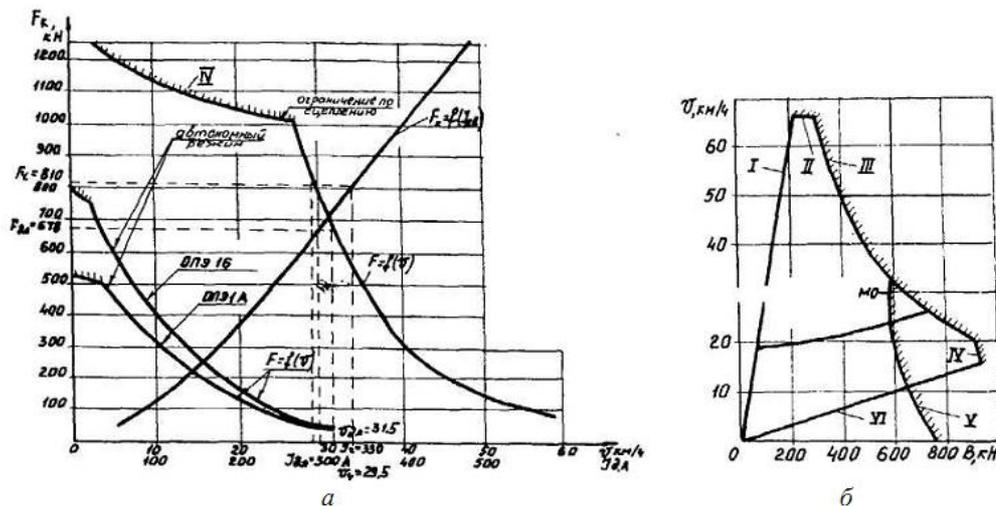


Рисунок 3.14 — Тяговые (а) и тормозные (б) характеристики локомотивов: ОПЭ2, ОПЭ1А и ОПЭ1Б: I — по наименьшему току возбуждения; II — по наибольшей скорости; III — по наибольшему току тормозных резисторов; IV — по сцеплению при груженных моторных думпкарах; V — по сцеплению при порожних моторных думпкарах; VI — по наибольшему току возбуждения

Силы сопротивления движению поезда.

Суммарная сила сопротивления движению поезда состоит из силы основного сопротивления и дополнительных сопротивлений (от уклона, на криволинейном участке, инерции при трогании).

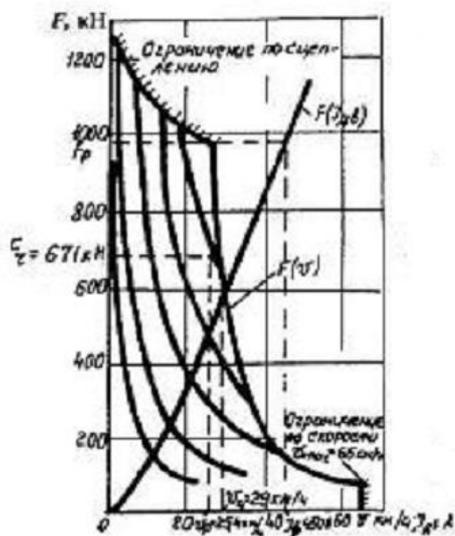
Сила основного сопротивления W_o , т. е. сопротивления на прямолинейном горизонтальном участке пути, состоящая из внутреннего сопротивления состава (в основном от трения в буксах), сопротивления пути и сопротивления воздушной среды (для карьерных составов, скорости которых не превышают 30 ... 40 км/ч, в расчетах обычно не учитываются), определяется по формуле

$$W_o = P_{сц} w'_o + Q g w''_o, \text{ Н} \tag{3.4}$$

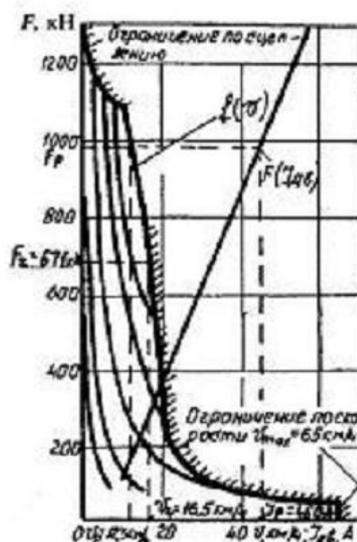
где Q — масса прицепной части поезда, т; w'_o , w''_o — соответственно, основное удельное сопротивление движению локомотивов и вагонов, Н/кН.

Значения основного удельного сопротивления движению вычисляются по эмпирическим формулам

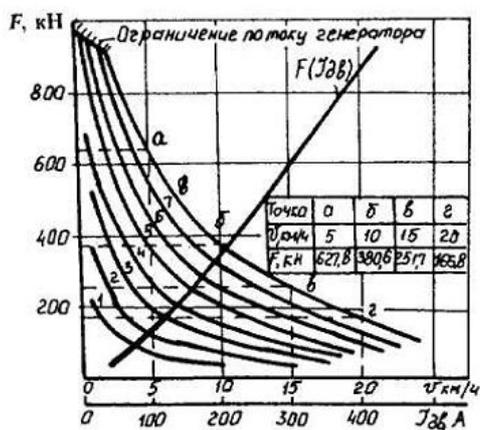
Эта величина в среднем при движении груженого поезда по постоянным путям карьера составляет 2,5 Н/кН, порожнего — 3,5 Н/кН, по временным путям равна, соответственно, 4,0 ... 6,0 и 5,5 ... 8,0 Н/кН.



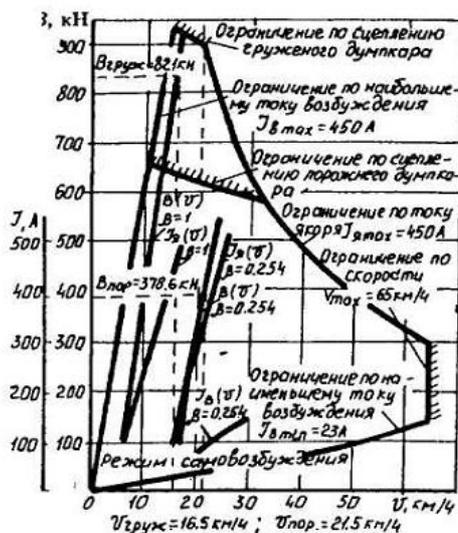
а



б



в



г

Рисунок 3.15 — Тяговые (а — при $U = 3000$ В; б — при $U = 1500$ В; в — при автономном питании) и тормозные характеристики тягового агрегата ПЭЗТ (г)

Сила дополнительного сопротивления определяется через соответствующие удельные значения. Дополнительное удельное сопротивление от уклона w_i численно равно величине тысячных уклона, т. е. $w_i = i \text{ ‰}$, Н/кН.

Дополнительное удельное сопротивление движению поезда по криволинейным участкам $w_{кр}$, вычисляется по эмпирическим формулам:

– для кривых радиусом $R > 300$ м

$$w_{кр} = 700 / R, \text{ Н/кН}; \quad (3.5)$$

– для кривых радиусом $R < 300$ м при длине поезда $l_{п}$, меньшей или равной длине кривой l_R ,

$$w_{кр} = 900 / (100 + R), \text{ Н/кН}; \quad (3.6)$$

– при длине поезда большей длины кривой по формуле

$$w_{кр} = 900l_R / l_R(R + 100), \text{ Н/кН}. \quad (3.7)$$

Для передвижных путей величины $w_{кр}$ увеличиваются в 1,5 раза из-за более низкого качества укладки и рихтовки путей.

Полное сопротивление при движении состава

$$W = P_{сц}(w'_0 + i + w_{кр}) + Qg(w'_0 + i + w_{кр}), \text{ Н}. \quad (3.8)$$

Значения всех сопротивлений движению поезда определяются на каждом участке трассы в грузовом и порожняковом направлениях.

Тормозная сила. Сила торможения поезда B возникает при фрикционном торможении (воздействии тормозных колодок на колесо или рельс) и электрическом торможении (при переключении двигателей на генераторный режим и переводе энергии в тепло на сопротивлениях, реостатном торможении или подаче энергии в контактную сеть, рекуперативном торможении).

На карьерах электрическое реостатное торможение применяется для поддержания установившейся скорости при спуске на уклонах, но при малых скоростях движения состава тормозное действие прекращается. Рекуперативное торможение на карьерах не применяется из-за низкой его надежности.

Экстренное торможение и полная остановка поезда осуществляется фрикционным торможением. Полная тормозная сила поезда B при этом определяется как сумма нажатия тормозных колодок K , кН, на расчетный коэффициент трения ϕ_k колодки о колесо:

$$B = 10^3 \cdot \varphi_k \Sigma K, \text{ Н.} \quad (3.9)$$

Коэффициент трения колодки о колесо φ_k для карьерного железнодорожного транспорта вычисляется по эмпирическим формулам:

– для чугунных стандартных колодок

$$\varphi_k = 78(16K + 100) / [(80K + 100) - (3,18v + 100)];$$

– для композиционных колодок

$$\varphi_k = 60,3(5K + 100) / [(20K + 100) - (1,4v + 100)].$$

Расчетные значения силы нажатия тормозных колодок на каждые 100 т массы поезда составляют при скорости движения 25 ... 30 км/ч, соответственно, 230 ... 250 кН (для композиционных колодок), 450 ... 500 кН (для чугунных).

Значение расчетного коэффициента трения φ_k при изменении скорости движения от 5 до 60 км/ч при композиционных колодках составляет 0,329 ... 0,264, а при чугунных — 0,21 ... 0,1.

Удельная тормозная сила

$$b = B / (P_{\text{сц}} + gQ) = 10^3 \varphi_k \Sigma K / (P_{\text{сц}} + Qg), \text{ Н/кН.} \quad (3.10)$$

На современных тяговых агрегатах применяются магниторельсовые тормоза (МРТ).

Дополнительное тормозное усилие от МРТ

$$B_{\text{МТ}} = n_6 K_6 \varphi_6, \text{ Н,} \quad (3.11)$$

где n_6 — число тормозных башмаков; K_6 — действительная сила нажатия башмака на рельс, Н; φ_6 — коэффициент трения башмака о рельс.

Коэффициент φ_6 можно определить по эмпирической формуле

$$\varphi_6 = 0,032(417 - v) / (29 + v). \quad (3.12)$$

Для современных тяговых агрегатов $n_6=12$, $K_6=75$ кН.

Полная тормозная сила тяговых агрегатов, оборудованных колодочными и магниторельсовыми тормозами,

$$B_o = B + B_{\text{МТ}}.$$

Тормозную силу поезда определяют на тех участках трассы, где состав движется на спуск или останавливается.

Основное уравнение движения поезда.

Все основные практические задачи, связанные с движением локомотиво-состава, решаются с помощью основного уравнения движения

$$F_T - W = 10^3 \delta (M_{\text{л}} + Q) dv / dt, \quad (3.13)$$

где δ — коэффициент, учитывающий вращающиеся массы локомотиво-состава; $M_{\text{л}}$ — масса локомотива, т.

Для эксплуатационных расчетов принимают средневзвешенное значение δ , для локомотиво-состава $\delta = 1,08$.

Поделив обе части равенства (13) на $(M_{\text{л}} + Q)$ и обозначив $F_T / (M_{\text{л}} + Q) = f_T$ (удельная сила тяги), $W / (M_{\text{л}} + Q) = w$ (удельное сопротивление движению), а $1 / (10^3 \delta) = c$, получаем

$$dv / dt = c(f - w), \text{ м/с}^2. \quad (3.14)$$

Выражение (3.14) называют уравнением движения поезда в удельной форме.

Разность $f - w$ называют ускоряющим усилием. В самом деле, если $f - w > 0$, то $dv/dt > 0$, следовательно, движение ускоренное; если $f - w < 0$, то $dv/dt < 0$ и движение замедленное; если $f - w = 0$, то $dv/dt = 0$ и движение равномерное.

3.3 Тяговый расчет железнодорожного транспорта

Расчет железнодорожного транспорта условно разделяем на тяговый и эксплуатационный.

При тяговом расчете обосновываются: тип локомотива и вагонов, прицепная масса поезда, скорость движения по различным участкам трассы и время движения.

Цель расчета — выбор типа подвижного состава для заданных условий транспортирования груза.

При эксплуатационном расчете устанавливается полное время цикла (рейса, оборота) состава, его производительность, расход энергии,

а также необходимый для обеспечения заданного грузооборота локомотивный и думпкарный парк.

Порядок тягового расчета:

- 1) предварительный выбор типов локомотива и вагона по исходным данным;
- 2) определение массовой нормы поезда;
- 3) определение числа вагонов в составе;
- 4) определение силы тяги (тормозной силы), тока двигателя, скорости и времени движения поезда на каждом участке трассы в грузовом и порожняковом направлениях. Проверка максимального значения силы тяги по условию сцепления колес локомотива с рельсами;
- 5) расчет тормозного пути на спусках;
- 6) проверка тяговых электродвигателей на нагрев;
- 7) определение расхода электроэнергии.

1. При выборе типа локомотива руководствуются условиями их эффективного применения в зависимости от глубины карьера, грузооборота и уклона выездной траншеи.

Одиночные электровозы (или одна секция тягового агрегата) успешно эксплуатируются при глубине карьера до 150 м и грузообороте 15 ... 20 млн. т горной массы в год и подъемах трассы с уклоном не более 45 %.

В карьерах производственной мощностью 30 ... 50 млн. т горной массы в год и глубиной до 150 м целесообразны тяговые агрегаты на постоянном токе напряжением 3 кВ или переменном — 10 кВ.

Обычно на реконструируемых карьерах, работающих на постоянном токе напряжением 1,5 кВ, переходят на 3 кВ, а на вновь строящихся карьерах — на переменный ток напряжением 10 кВ.

На крупных карьерах с производственной мощностью по горной массе 60 ... 100 млн. т в год и более при глубине разработки свыше 150 ... 200 м эффективны тяговые агрегаты переменного тока напряжением 10 и 25 кВ.

Тяговые агрегаты способны преодолевать подъемы с уклоном 60 ... 80 %.

Тепловозы применяются в карьерах, глубина которых не превышает 100 м, а уклоны — 25 ... 30 %.

2. При выборе типа вагона следует иметь в виду, что основное применение на карьерах находят думпкары и универсальные полувагоны.

При выборе типоразмера вагона учитывают, что как по прочности, так и по организационным соображениям в нем должно уместиться не менее 45 ковшей экскаватора (или погрузчика).

Таким образом, расчетная грузоподъемность вагона $q_p \geq \mu K'_H V_{\text{Э}} \gamma_p$, а расчетная геометрическая (паспортная) вместимость $V_r \geq \mu K'_H V_{\text{Э}} / K''_H$, где μ — предполагаемое число ковшей, которое должно уместиться в вагоне; $V_{\text{Э}}$ — геометрическая вместимость ковша экскаватора; K'_H и K''_H — соответственно, коэффициенты наполнения ковша экскаватора и вагона ($K''_H \leq 1,25$); γ_p — плотность груза, т/м³.

Подобрать типоразмер вагона с точными значениями полученных параметров практически невозможно, поэтому выбирается ближайший к ним больший типоразмер. Параметры выбранного вагона (q , V_r) отличаются от расчетных, но соотношение между ними должно сохраняться. После выбора типоразмера вагона вычисляют коэффициент использования его грузоподъемности:

$$K_q = K''_H V_r \gamma_p / q, \quad (3.15)$$

который при правильном выборе вагона должен быть близок к единице. Перегрузка вагона более чем на 5 ... 10 % недопустима.

3. Прицепная масса поезда Q , т, определяется из условия возможности равномерного движения по руководящему уклону (согласно основному уравнению движения это выполнимо при $F_T = W$), т. е.

$$F_T = M_{\text{л}} g (w'_o + i_p) + Q g (w''_o + i_p), \quad (3.16)$$

с полным использованием сил сцепления (это $F_T = 10^3 M_{\text{л}} g \psi$).

Решая совместно эти два уравнения, получаем:

$$Q = M_{\text{л}} (10^3 \psi - w'_o - i_p) / (w''_o + i_p). \quad (3.17)$$

Принятая масса состава проверяется по условию трогания на руководящем (если остановка поезда производится на руководящем уклоне) или смягченном уклоне:

$$Q_{\text{трог}} = M_{\text{л}} (10^3 \psi_{\text{тр}} - w'_o - i_{\text{тр}} - 108a) / (w''_o + i_{\text{тр}} + 108a), \quad (3.18)$$

где $\psi_{\text{тр}}$ — коэффициент сцепления колес локомотива с рельсами при трогании; a — ускорение при трогании, $a = 0,025 \dots 0,05 \text{ м/с}^2$; $i_{\text{тр}}$ — уклон, на котором производится трогание состава, ‰.

Если $Q_{\text{трог}} \geq Q$, то число вагонов выбирают по величине Q и наоборот.

Число вагонов в поезде $n = Q / (q + q_m)$, где q_m — масса порожнего вагона, т.

Величина n округляется до ближайшего меньшего целого числа. Тогда уточненная прицепная масса $Q = n(q + q_m)$. Полезная масса поезда $Q_{\text{п}} = nq$.

При наличии в составе моторных думпкаров полезная масса состава

$$Q_{\text{п}} = nq + n_{\text{мд}}q_{\text{мд}}, \quad (3.19)$$

где $n_{\text{мд}}$ и $q_{\text{мд}}$ — соответственно, число и грузоподъемность (т) моторных думпкаров.

При использовании тепловозов масса прицепной части проверяется по мощности дизеля:

$$Q = (3600 N_{\text{эф}} \psi \eta_{\text{г}} \eta_{\text{в}} \eta_{\text{дз}} / v_{\text{р}} - M_{\text{л}}(w'_{\text{о}} - i_{\text{р}})) / (w''_{\text{о}} + i_{\text{р}}), \quad (3.20)$$

где $N_{\text{эф}}$ — эффективная мощность дизеля, кВт; $\eta_{\text{г}}$ — КПД генератора; $\eta_{\text{в}}$ — коэффициент, учитывающий затраты энергии для вспомогательных машин; $\eta_{\text{дз}}$ — КПД электродвигателя и зубчатой передачи; $v_{\text{р}}$ — скорость движения по руководящему уклону.

4. При обосновании режимов движения поезда скорость движения поезда определяется по тяговым или электромеханическим характеристикам локомотива, а при отсутствии последних — по мощности источника питания (тяговая способность машины обычно является лимитирующим фактором при подъеме и на горизонтальных участках трассы):

$$v = 3600 N \eta / F_{\text{тi}}, \quad (3.21)$$

где N — мощность источника питания, кВт; η — суммарный КПД передачи от двигателя к ведущим колесам; $F_{\text{тi}}$ — сила тяги на рассматриваемом пути с уклоном i , Н.

При этом необходимо учитывать, что при определении скоростей движения состава в голове с тяговым агрегатом, имеющим автономный источник энергии, по временным путям (забойным и отвальным) применяется автономный источник энергии.

При расчете силы тяги F_{Ti} пользуются приближенным методом установившихся скоростей, основанном на предположении, что в пределах каждого i -го участка профиля (с уклоном i_i , ‰) поезд движется равномерно, мгновенно меняя значения скорости v_i при переходе на следующий участок профиля, т. е.

$$F_{Ti} = W = M_{л}g(w'_0 + i_i) + Qg(w''_0 + i_i) \quad (3.22)$$

При движении по стационарным горизонтальным или слабо наклонным путям скорость, определяемая по тяговым характеристикам (или по мощности привода), проверяется по условию обеспечения безопасности при торможении. При движении по крутым спускам скорость лимитируется только условиями безопасности при торможении, по крутым подъемам – только по условиям тяги.

При этом скорость по временным путям ограничивается правилами технической эксплуатации и равняется 10 ... 15 км/ч, а по стационарным дорогам (в зависимости от категории путей) — 35 ... 45 км/ч.

Значения основного удельного сопротивления движению вычисляются по эмпирическим формулам.

Величины w'_0 и w''_0 на передвижных путях принимают на 30 % больше, чем на стационарных. При движении вагонами вперед сопротивления увеличиваются на 20 ... 25 %.

Скорость движения при расчетах принимают 20 ... 25 км/ч.

Скорость v_T , удовлетворяющая условию безопасности при торможении, должна обеспечивать остановку поезда на участке пути, длина которого не превышает нормированное значение тормозного пути (в карьерных условиях — 300 м). Полный тормозной путь L_T равен сумме подготовительного пути $l_{п}$, проходимого составом за время реакции водителя и время $t_{п}$ приведения тормозов в действие, и действительного пути $l_{д}$, проходимого составом за время поглощения его кинетической энергии, т. е.

$$L_T = l_{п} + l_{д}. \quad (3.23)$$

С некоторыми допущениями принято считать, что $l_{\text{п}}=10^3 v_{\text{T}} t_{\text{п}}/3600 = 0,278 v_{\text{T}} t_{\text{п}}$ (здесь v_{T} , км/ч; $t_{\text{п}}$, с; $l_{\text{п}}$, м).

Время подготовки тормозов к действию для поездов карьерного железнодорожного транспорта с пневматическими тормозами составляет $t_{\text{п}} \approx 5$ с, а для поездов с электропневматическими тормозами – $t_{\text{п}} \approx 0,5$ с.

Принимая силу $(-b-w)$ в пределах скоростей $v_{\text{T}} - v_{\text{к}}$, где $v_{\text{к}}$ – скорость при окончании торможения, постоянной и $v_{\text{к}}=0$ (остановка поезда), из уравнения движения поезда получаем зависимость пути действительного торможения от скорости $l_{\text{д}}=f(v_{\text{T}})$,

$$l_{\text{д}} = 4,17(v_{\text{T}}^2 - v_{\text{к}}^2) / (b + w_0 + i_i). \text{ м.}$$

Скорость, безопасная по условию торможения, может быть определена из условия $L_{\text{T}} < 300$ м.

Удельная тормозная сила $b=10^3 v \varphi_{\text{к}}$, где v — тормозной коэффициент поезда, равный $B/[(M_{\text{п}}+Q)g]$ или $(\sum K)/[(M_{\text{п}}+Q)g]$.

Расчетные значения коэффициента трения колодок о колесо $\varphi_{\text{к}}$ для чугунных колодок составляют 0,183 ... 0,122, а для композиционных — 0,32 ... 0,286 при изменении скорости движения состава в пределах 10 ... 35 км/ч.

Эксплуатационный расчет железнодорожного транспорта.

Целью эксплуатационного расчета является определение рабочего и инвентарного парков локомотивов и вагонов.

Эксплуатационный расчет предусматривает:

- 1) определение времени рейса и производительности одного локомотиво-состава;
- 2) расчет локомотивного и вагонного парков;
- 3) определение пропускной и провозной способности карьерных железнодорожных перегонов.

После выполнения эксплуатационного расчета производится построение графика движения поездов.

Время рейса (оборота, цикла) локомотиво-состава $T_{\text{р}}$, мин, определяется по формуле:

$$T_{\text{р}} = t_{\text{п}} + t_{\text{дв}} + t_{\text{р}} + t_{\text{доп}}, \quad (3.24)$$

где $t_{\text{п}}$ — время погрузки состава, мин; $t_{\text{дв}}$ — время движения за рейс, мин; $t_{\text{р}}$ — время разгрузки состава, мин; $t_{\text{доп}}$ — время задержек в пути, мин.

Если насыпная плотность транспортируемого груза $\gamma_{\text{р}} > q/V_{\text{г}}$, то время погрузки $t_{\text{п}}$, мин, определяется грузоподъемностью вагона:

$$t_{\text{п}} = qt_{\text{ц}}n / (K'_{\text{н}}V_{\text{э}}\gamma_{\text{р}}), \quad (3.25)$$

где $t_{\text{ц}}$ — время цикла экскаватора, мин; $V_{\text{э}}$ — вместимость ковша экскаватора, м³.

Если $\gamma_{\text{р}} < q/V_{\text{г}}$, то $t_{\text{п}}$ определяется вместимостью кузова вагона $V_{\text{г}}$:

$$t_{\text{п}} = K''_{\text{н}}V_{\text{г}}t_{\text{ц}}n / (K'_{\text{н}}V_{\text{э}}). \quad (3.26)$$

Время движения в грузовом и порожняковом направлениях характеризуется длиной, км, каждого i -го участка в грузовом и порожняковом направлениях и скоростями, км/ч, движения по соответствующим участкам:

$$t_{\text{дв}} = 60 \sum (l_i / v_i), \text{ мин.}$$

Время разгрузки определяется порядком разгрузки. При поочередной разгрузке каждого вагона $t_{\text{р}} = nt_{\text{р.в}}$, где $t_{\text{р.в}}$ — время разгрузки вагонетки.

Время разгрузки $t_{\text{р.в}}$ думпкара составляет 1,52 мин в летних условиях и 3 ... 5 мин в зимних.

Для универсальных полувагонов при донной разгрузке $t_{\text{р.в}}$ равно 5 ... 7 мин.

В том случае, когда вагоны разгружаются партиями по $n_{\text{в}}$ в каждой, $t_{\text{р}} = nt_{\text{р.в}}/n_{\text{в}}$.

При отправке угля или руды на сборочную станцию с целью перецепки карьерного локомотива на магистральный и переформирования состава для дальнейшей отправки потребителю вместо времени разгрузки появляется время, затрачиваемое на перечисленные операции (20 ... 25 мин).

Дополнительное время определяется схемой путевого развития и отнесенное к одному обороту состава составляет $\approx 10 \dots 15 \%$ от времени оборота.

Суточная производительность локомотиво-состава $Q_{лс}$, т/сут,

$$Q_{лс} = 60T_{сут}(qn + q_{мд}n_{мд})K_q / T_p, \quad (3.27)$$

где $T_{сут}$ — время работы железнодорожного транспорта в сутки ($\approx 20 \dots 22$ ч).

Локомотивный парк, необходимый для карьера с определенным объемом перевозок (инвентарный парк),

$$N_{л. инв} = N_{л. раб} + N_{л. рем} + N_{л. рез} + N_{л. хоз}, \quad (3.28)$$

где $N_{л. раб}$, $N_{л. рем}$, $N_{л. рез}$, $N_{л. хоз}$ — соответственно, число локомотивов, занятых работой по вывозу основного грузопотока (вскрыши и полезного ископаемого), находящихся на ремонте, в резерве и занятых на хозяйственных работах.

Число локомотивов, необходимых для вывоза основного грузопотока,

$$N_{л. инв} = fQ_{сут}T_p / [60T_{сут}(nq + n_{мд}q_{мд})K_q], \quad (3.29)$$

где $Q_{сут}$ — суточный грузооборот карьера, т; f — коэффициент неравномерности суточного грузооборота, $f=1,1 \dots 1,15$.

По практическим данным

$$N_{л. рем} = 0,15N_{л. раб}; \quad N_{л. рез} = (0,05 \dots 0,1)N_{л. раб}; \quad N_{л. хоз} = 1 - 2.$$

Число рабочих вагонов $N_{в. раб} = nN_{л. раб}$. Инвентарный парк вагонов $N_{л. инв} = K_v N_{л. раб}$, где K_v — коэффициент, учитывающий вагоны, находящиеся в ремонте, резерве и т. д., $K_v = 1,25 \dots 1,3$.

3.4 Раздельные пункты (посты, разъезды, станции)

По условиям безопасности движения и для увеличения пропускной способности сеть карьерных железнодорожных путей разделяется на перегоны при помощи раздельных пунктов. В зависимости от назначения и путевого развития раздельные пункты называют постами, разъездами и станциями.

Посты — это отдельные пункты, не имеющие путевого развития, устраиваемые на главных путях для увеличения их пропускной способности или в пунктах примыкания забойных и отвальных путей к главным.

К путевым постам относятся проходные светофоры, при автоблокировке разделяющие перегон на блок-участки.

На карьерах посты устраивают в пунктах примыкания путей различного назначения к главным путям и в пунктах разветвления главных путей на рабочие горизонты, забойные и отвальные.

Разъезды — это отдельные пункты на однопутных линиях, имеющие путевое развитие и предназначенные для скрещения и обмена поездов.

На разъездах производится обмен поездов и подача порожняка к забою взамен пришедшего на разъезд груженого состава или подача на отвал груженого поезда взамен прибывшего порожнего. Располагают разъезды для быстрого обмена поездов в непосредственной близости от карьера или отвала, а также на рабочих площадках уступов. При значительной длине однопутных линий разъезды устраивают также для увеличения пропускной способности.

Число приемо-отправительных путей разъезда определяется интенсивностью движения поездов.

Простейший разъезд (обменный пункт), кроме главного, имеет один приемо-отправочный путь. Длина разъезда

$$l_p = l_n + 15 + 2l_0, \text{ м}, \quad (3.30)$$

где l_n — длина поезда, м; l_0 — расстояние от начала стрелочного перевода до предельного столбика, м; 15 — расстояние, учитывающее неточность установки поезда, м.

При обгоне на разъезде предусматривается третий путь.

Станции располагаются, как правило, на прямых участках пути. В трудных условиях допускается расположение станций и в кривых

участках, обращенных в одну сторону, радиусом не менее 400 м. Станционные пути имеют уклон, не превышающий 2,5 ‰.

В зависимости от назначения станционные пути делят на приемоотправительные (для приема, стоянки и отправления поездов), сортировочные (для накопления и формирования поездов), погрузочно-выгрузочные (для погрузки и выгрузки вагонов), вытяжные (для перестановки отдельных вагонов и составов при маневровой работе), деповские и прочие (складские, экипировочные, соединительные).

Станционные пути, предназначенные для выполнения однородных операций, стрелочными переводами объединяются в одну группу, называемую парком. Например, на крупных станциях различают парки приема, отправления, сортировки и т. д. Конец парка, где сосредоточены стрелочные переводы, называют горловиной. Число стрелок на станционных путях должно быть минимальным, но достаточным для наиболее быстрого выполнения всех предусмотренных операций. Стрелки при этом должны быть сгруппированы в возможно меньшем числе пунктов.

Основой станции является приемоотправочный парк. Параллельно ему располагаются пути технического осмотра, экипировочные пути, пути отстоя вагонов и путевой техники, вытяжной путь для маневровых передвижений.

Для обеспечения бесперебойного движения в самых различных ситуациях при разработке путевой схемы станций стремятся к тому, чтобы было обеспечено условие приема поездов с каждого направления на любой путь.

Работа железнодорожного транспорта карьеров регламентируется ПТЭ промышленного железнодорожного транспорта, устанавливающими основные положения и порядок работы железных дорог и работников железнодорожного транспорта, нормы содержания основных сооружений, устройств и подвижного состава; систему организации движения поездов и принципы сигнализации, централизации и блокировки.

3.5 Средства связи на железнодорожном транспорте

Средства СЦБ. Для обеспечения нормальной работы железнодорожного транспорта, характеризующегося разветвленной системой коммуникаций с большим числом поездов, находящихся на линии, необходима связь диспетчера с раздельными пунктами, отправляющими и принимающими поезда, а также связь локомотивных бригад с диспетчером и погрузочными пунктами.

Основное средство связи работников службы движения поездов — это телефонная (проводная) связь. Кроме того, в карьерах получает применение радиосвязь.

В качестве основных постоянных сигналов применяют светофоры. В зависимости от назначения светофоры используют в качестве входных, запрещающих или разрешающих вход поезда на станцию, выходных, запрещающих или разрешающих отправление поезда на перегон, и проходных, запрещающих или разрешающих поезду следовать с одного блок-участка на другой.

Регулирование движения поездов обеспечивается переключением сигналов и стрелочных переводов соответственно маршрутам отдельных поездов.

Основное правило организации движения: на каждом перегоне железнодорожной линии может находиться одновременно только один поезд.

Вследствие этого с каждой станции (разъезда, поста) поезд может быть отправлен на перегон лишь по получении согласия с соседней станции (разъезда, поста) на прием этого поезда.

В зависимости от применяемых средств используют различные системы регулирования движения поездов.

Телефонный способ заключается в следующем. Дежурный по станции связывается с отдельными постами и разъездами, получает сведения о местонахождении поездов и дает распоряжения об их пропуске, приеме или отправлении. На основании телефонного согласования между раздельными пунктами машинисту локомотива выдается письменное

разрешение на занятие перегона. Телефонный способ связи находит применение при небольшой интенсивности движения, в частности, для приема и отправления поездов с уступных и отвалных путей. Этот способ наименее совершенен и требует на согласование 0,75 ... 1 мин.

Полуавтоматическая блокировка (электромеханическая или релейная) применяется для регулирования движения поездов на однопутных и двухпутных участках. Разрешением на занятие перегона при полуавтоматической блокировке является открытое положение выходного или проходного сигнала. Действие полуавтоматической блокировки заключается в том, что поезд, проходя мимо открытого выходного сигнала, нажимом на педаль закрывает этот сигнал. Вторичное открывание сигнала дежурным по станции возможно только после того, как дежурный по соседней станции подтвердит прибытие поезда и деблокирует закрытый сигнал.

Полуавтоматическая блокировка сокращает время на связь между отдельными пунктами до 0,1 мин, однако на внутрикарьерном транспорте с короткими перегонами она применения не получила. Используется эта система на железнодорожных путях, обслуживающих перевозку полезного ископаемого на поверхности по пути к железной дороге общего пользования.

Автоблокировкой называется система регулирования движения поездов на однопутных и двухпутных линиях, при которой открывание и закрывание светофоров производится автоматически в зависимости от местонахождения движущегося поезда.

Принцип работы автоблокировки с двухзначной сигнализацией иллюстрируется на рисунке 3.16. Каждый перегон разбивается на блок-участки, на границах которых устанавливаются светофоры. В пределах каждого блок-участка имеется электрическая рельсовая цепь с источниками питания и путевыми реле. Для разделения рельсовых цепей рельсы соседних блок-участков соединены изолированными стыками.

Рельсовая цепь каждого блок-участка состоит из путевой *Пб* и сигнальной *Сб* батарей, устанавливаемых, соответственно, в конце и начале блок-участка, и путевого реле *Пр*. Когда на первом блок-участке нет поезда, ток путевой батареи протекает по нижней (на схеме) рельсовой нити через обмотку путевого реле, возвращаясь к минусу путевой

батареи по верхней рельсовой нити. При этом якорь путевого реле, притягиваясь к полюсам магнита, замыкает верхний контакт *В* и включает лампу зеленого огня *З* светофора от сигнальной батареи *Сб*. В результате в начале блок-участка горит зеленый сигнал, разрешающий движение. Если на второй блок-участок приходит поезд, то колесные пары, будучи проводником электрического тока, соединяют между собой рельсы. В путевое реле при этом попадает ничтожно малый ток, якорь электромагнита отпадает от полюсов, замыкает нижний контакт *Н* и включает лампу красного огня светофора *К*. Блок-участок занят.

Светофор находится в закрытом положении пока поезд не покинет блок-участок, после чего автоматически красный сигнальный огонь переключается на зеленый.

Автоматическое закрытие сигнала происходит не только при вступлении поезда на блок-участок, но также и в случае нарушения целостности рельсовой цепи: при лопнувшем рельсе, истощении батареи, обрыве соединительных проводов и т. п.

В настоящее время получают распространение кодовые системы автоблокировки, при которых в качестве каналов связи используют рельсы. По рельсовым цепям передаются импульсы тока, образующие сигнальный код.

Кодовые системы позволяют отказаться от линейных сигнальных проводов.

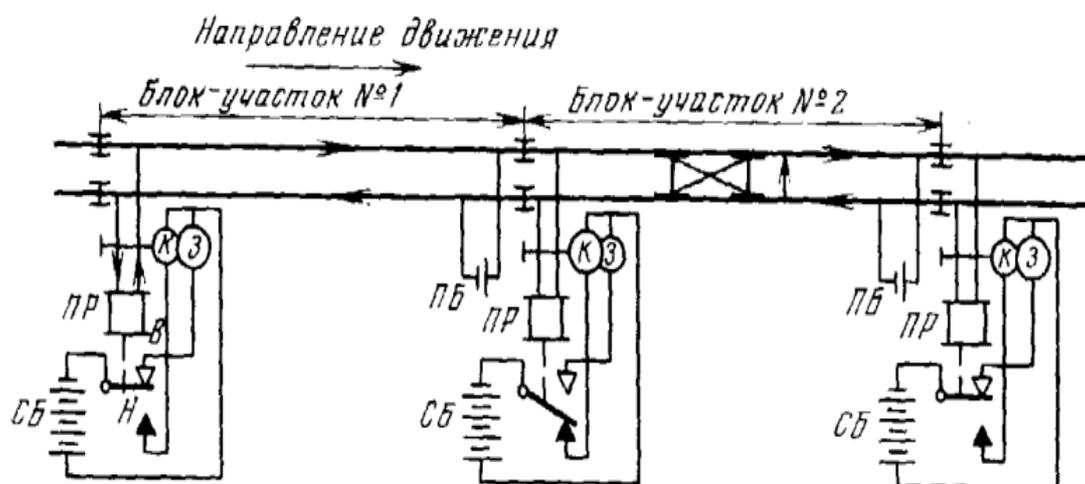


Рисунок 3.16 — Схема автоблокировки

При электровозной тяге на постоянном или переменном токе, когда рельсы служат обратным проводом для тока, применяют рельсовые дроссель-трансформаторные цепи с питанием от специальной линии переменного тока.

При автоблокировке время на связь сокращается до 0,1 мин на однопутных линиях и практически равно нулю на двухпутных.

Автоблокировка успешно применяется на крупных карьерах, благодаря чему значительно повышается безопасность движения и пропускная способность карьерных путей. Однако в карьерах автоблокировкой оборудованы только стационарные пути, т. е. участки с постоянным расположением блокпостов. Для передвижных путей должна быть создана специальная система автоблокировки, учитывающая изменение схем путевого развития в процессе эксплуатации транспорта, а также состояние передвижных путей.

Централизация стрелок и сигналов бывает механической и электрической.

При механической централизации управление стрелками и сигналами осуществляется гибкими стальными тягами, приводимыми в движение стрелочными и сигнальными рычагами из помещения дежурного по станции.

Еще более совершенна электрическая централизация стрелок и сигналов. В качестве сигналов при этом применяют светофоры, а для перевода и контроля положения стрелок — стрелочные электроприводы. Роль дежурного сводится к управлению двигателями стрелочного электропривода, т. е. к пуску их в ход переводом рукояток или нажатием кнопок сигналов. Это позволяет расширить радиус действия централизованного поста, включить в централизацию большое число стрелок, создать лучшие условия труда и повысить безопасность движения поездов. Кроме того, при электрической централизации значительно ускоряется процесс приготовления маршрутов, так как система электрической централизации сокращает это время до 10 ... 12 с.

На станции с электрической централизацией устанавливают аппаратуру и источники питания. В релейной централизации с индивидуальным управлением стрелками применяют централизованные аппараты в виде пульта-табло, т. е. в виде схематического плана путей станции

в однопутном изображении. Непосредственно на табло размещаются стрелочные рукоятки и кнопки управления сигналами. Пути станции выполняются в виде желобов с размещением в каждом из них красной и белой лампочек. Лампочки загораются при установке маршрута (белые лампочки) и при занятости пути (красные лампочки), образуя светящуюся полосу. Направление горящей полосы зависит от положения стрелок и точно отображает конфигурацию установленного маршрута.

Маршрут — путь следования поезда в пределах станции при определенном положении стрелок и открытом положении сигнала.

Для безопасности движения между стрелками и сигналами, входящими в каждый маршрут, а также между различными маршрутами предусматривается блокировка, исключающая приготовление враждебных маршрутов, проходя по которым одновременно поезда могут столкнуться.

Автоматическая локомотивная сигнализация представляет собой систему устройств, посредством которых в кабине управления локомотива осуществляется сигнализация, автоматически повторяющая показания проходных и станционных сигналов при приближении к ним поезда. Для осуществления связи локомотивных устройств с путевыми используются электрические рельсовые цепи. Сигналы с пути на локомотив передаются индуктивной связью локомотивного приемника (приемных катушек) с рельсовыми цепями (путевыми передатчиками), по которым от каждого проходного светофора навстречу поезду подается переменный кодированный ток.

Автостоп — это устройство, автоматически останавливающее поезд перед закрытым сигналом, если машинист не принял мер к торможению и остановке поезда.

Автомашинист — устройство, автоматически регулирующее скорость движения поезда и осуществляющее остановки и трогания по заданному графику движения, а также в соответствии с требованиями сигнала.

Для этого на локомотиве устанавливаются программное и счетно-решающее устройства.

На основании заданной программы (расчетное время прохождения отдельных участков, остановки поезда и т. п.), а также фактических

данных движения счетно-решающее устройство решает дифференциальное уравнение движения и выбирает наивыгоднейший режим движения. Соответствующие сигналы передаются в оперативный блок схем, через который происходит управление тяговым и тормозным режимами работы локомотива.

Управление электровозом по радио осуществляют при маневровой работе, например, при экскаваторной погрузке составов. Получает применение система управления электровозом с помощью ультракоротких волн с многочерпаковых и роторных экскаваторов для согласования скорости движения состава с производительностью экскаватора.

Управление стрелками с локомотива становится целесообразным в случае обслуживания одиночных стрелок на рабочих горизонтах в карьерах или на отвалах. Стрелка, оборудованная электроприводом, управляется с помощью датчиков электромеханического типа.

Телевидение на карьерном железнодорожном транспорте используется для обзора и передачи в кабину машиниста или в помещение дежурного по станции изображения впереди лежащих или стационарных путей.

График движения представляет собой масштабную сетку, на которой условно прямыми и наклонными линиями изображается движение каждого поезда (рис. 3.17).

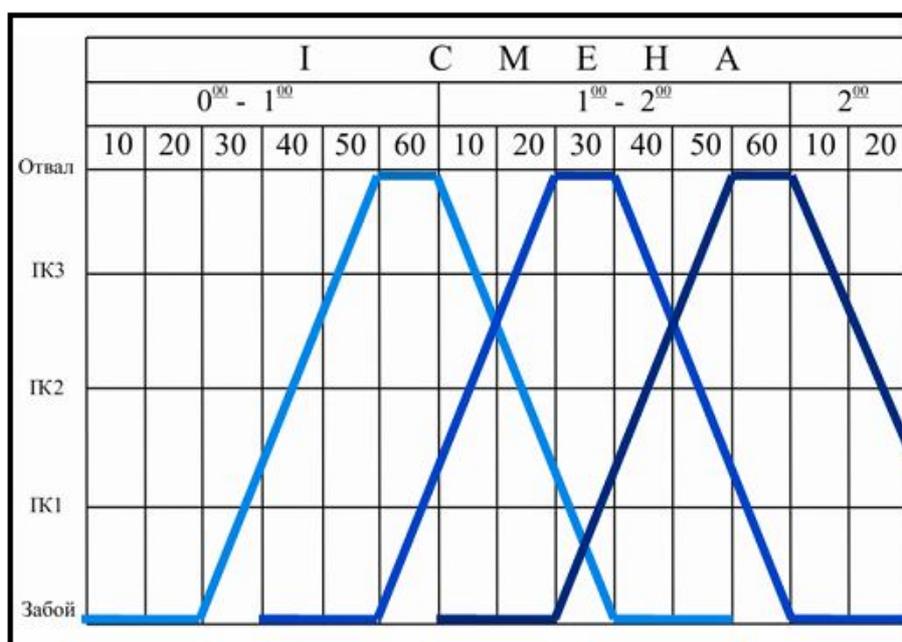


Рисунок 3.17 — График движения поездов

Горизонтальные линии сетки графика соответствуют осям отдельных пунктов: станций, разъездов, постов. По вертикали сетка графика разделяется на часовые полосы с подразделением на 10-минутные интервалы.

Движение поездов изображается наклонными линиями в предположении постоянной скорости в пределах данного участка, стоянки на отдельных пунктах — горизонтальными отрезками.

На каждом перегоне однопутной линии одновременно может находиться только один поезд, поэтому на однопутном графике линии движения могут пересекаться только на отдельных пунктах. На двухпутных линиях, где поезда встречных направлений движутся одновременно, линии движения разных поездов на графиках могут пересекаться на перегонах.

Перегонное время определяется тяговыми расчетами отдельно для каждого перегона и направления, время простоев в пунктах погрузки и разгрузки — производительностью экскаваторов и числом вагонов в составе, время стоянки на станциях, разъездах, постах — числом обращающихся поездов и схемой путевого развития.

Построение графиков движения начинают с погрузки составов. При этом следует выдержать минимальный интервал при обмене поездов у экскаваторов, чтобы повысить производительность последних.

При наличии нескольких погрузочных пунктов (нескольких экскаваторов) графики строятся исходя из прикрепленного, обезличенного или смешанного движения поездов.

Прикрепленное обращение поездов (замкнутый цикл) — это организация движения, при которой каждый поезд закрепляется за определенным экскаватором и в течение смены обслуживает только его. Такая схема создает наиболее простую и четкую организацию движения, максимально упрощая диспетчерское управление. Движение прикрепленных поездов целесообразно при двух-трех работающих экскаваторах, а также когда для обслуживания каждого экскаватора требуется целое число составов. В противном случае возникает необходимость в вынужденных простоях подвижного состава, снижающих его производительность.

Обезличенное обращение поездов (открытый цикл) — это организация работы, при которой поезда в процессе работы подаются к любому свободному экскаватору. Организация движения в этом случае требует четкого диспетчерского управления. Однако при этом экскаваторы и подвижной состав используются более производительнее.

При смешанном обращении поездов часть экскаваторов обслуживается поездами по замкнутому циклу, часть — по открытому. Такая организация движения принимается обычно в карьерах с большим числом работающих экскаваторов, если группа экскаваторов работает на обособленном участке.

Работа железнодорожного транспорта в карьерах может быть организована по исполнительному или принудительному графику.

Исполнительный график составляется диспетчером в процессе работы и отражает фактическое положение дел. Оперативное руководство работой со стороны диспетчера направлено на выполнение плана и ликвидацию простоев экскаваторов и локомотиво-составов.

Принудительный график — более высокая форма организации движения, он составляется заранее и обязателен для исполнения. В основу составления принудительного графика закладываются прогрессивные нормы времени на выполнение операций, обеспечивающие производительное использование экскаваторов и подвижного состава с учетом необходимых вспомогательных работ.

Работа диспетчера при управлении работой транспорта на современном карьере очень трудоемка. Диспетчеру приходится учитывать непрерывно изменяющиеся условия работы экскаваторов и движения поездов и выбирать наиболее выгодные варианты пропуска поездов. Такая задача является частью более общей в составе автоматизированной системы управления (АСУ).

Контрольные вопросы

1. Дайте классификацию карьерных и рудничных локомотивов.
2. Назовите основные параметры локомотивов.
3. Изобразите схемы питания электроэнергией электровозов постоянного и переменного тока.
4. Что такое сцепной вес локомотива?

5. Что такое «осевая формула»?
6. Какие существуют режимы работы двигателей локомотива?
7. Какие службы входят в состав железнодорожного цеха на горном предприятии, и каково их целевое назначение?
8. Какие существуют типы отдельных пунктов?
9. Для чего предназначены посты и разъезды?
10. Какие требования предъявляются к станциям?
11. Какие типы станций используются на карьерах?
12. Опишите общее устройство электровоза.
13. Что общего между локомотивами, работающими на постоянном и переменном токе?
14. Какие виды торможения применяются на карьерных локомотивах?
15. Опишите общее устройство тепловоза.
16. Какие внешние и внутренние силы действуют на движущийся поезд?
17. Что такое сила тяги, и как она регулируется?
18. Как реализуются сила тяги и тормозная сила поезда.
19. Чем ограничиваются сила тяги и тормозная сила?
20. От чего зависит коэффициент сцепления колеса с рельсом?
21. Что называется электромеханической характеристикой локомотива?
22. Что называется тяговой характеристикой локомотива?
23. Какие силы сопротивления действуют на поезд?
24. От чего зависит удельное основное сопротивление движению поезда?
25. Как определяется сопротивление движению поезда на уклонном участке?
26. От чего зависит и как определяется тормозная сила поезда?
27. Как регулируется тормозная сила поезда?
28. Чем ограничивается тормозная сила поезда?
29. Как определить массовую норму поезда?
30. Для каких условий производится проверка массовой нормы поезда?
31. Как определяется тормозной путь поезда?

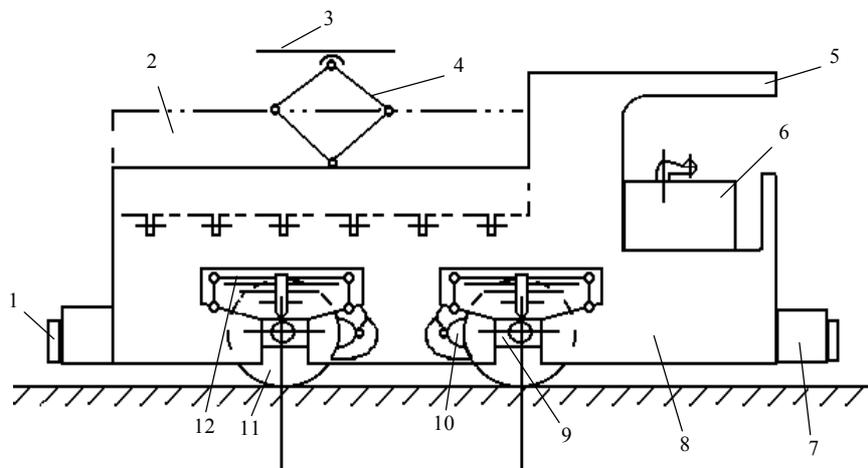
32. Как определяется сила тяги и скорости движения поезда?
33. Какова методика определения времени рейса и производительности локомотиво-состава?
34. Что такое автоматическая локомотивная сигнализация?
35. Какие типы светофоров применяются на железнодорожном транспорте?
36. Какие средства СЦБ применяются на железнодорожном транспорте?
37. Как строится график движения поездов?
38. Каковы основные направления автоматизации на карьерном железнодорожном транспорте?

4 РУДНИЧНЫЕ ЛОКОМОТИВЫ

4.1 Общие сведения

Локомотивы — преобладающий вид транспорта на угольных и рудных шахтах. Служат для транспортирования угля, породы, вспомогательных грузов, для перевозки людей и производства маневровых операций.

Устройство электровоза рамной конструкции (рис. 4.1): рама 7 с кабиной 5; две колесные пары 11 с рессорным подвешиванием 12 к раме; тяговая передача; колодочный тормоз 10; буфера 1 со сцепным устройством; песочницы для подсыпки песка на рельсы под колеса; токосъемник 4 (пантограф) для контактного электровоза и съемная аккумуляторная батарея 2 для аккумуляторного электровоза, устанавливаемая на роликах рамы электровоза; пускорегулирующая аппаратура 6 и осветительная арматура во взрывобезопасном исполнении.



- 1 — буфер; 2 — батарейный ящик (для аккумуляторного электровоза);
3, 4 — контактный провод и токосъемник (для контактного электровоза);
5 — кабина машиниста; 6 — контроллер или контактор; 7 — рама;
8 — кузов; 9 — букса; 10 — механическая тормозная система;
11 — колесная пара; 12 — рессорное подвешивание кузова

Рисунок 4.1 — Конструктивная схема шахтного (рудничного) электровоза

Достоинства локомотивного транспорта:

– большая производительность, зависящая от числа локомотивов;

- хорошая маневренность;
- возможность отдельного и бесперегрузочного транспортирования;

- универсальность.

Недостатки:

- цикличность работы;
- ограничения по углу наклона выработки;
- уменьшение производительности с увеличением расстояния транспортирования;
- высокий процент ручного труда.

Локомотивная откатка применяется в основном в выработках с уклоном до 0,005.

Классификация локомотивов:

- по роду потребляемой энергии — электровозы (постоянного тока, повышенной частоты); дизелевозы; гировозы (инерционные локомотивы); воздуховозы;

- по способу подвода энергии — с автономным источником питания (аккумуляторные батареи, дизельный двигатель); с питанием от внешнего источника (например, через контактный провод или кабель) и с комбинированным питанием (например, локомотивы аккумуляторно-контактные или кабельно-контактные);

- по сцепному весу — легкие (до 50 кН), средние (от 50 до 100 кН) и тяжелые (свыше 100 кН);

- по исполнению — нормального рудничного (РН), рудничного исполнения повышенной надежности (РП) и рудничного взрывобезопасного исполнения (РВ).

На угольных и рудных шахтах наибольшее распространение получили электровозы, причем около 70 % — аккумуляторные электровозы, которые питаются от аккумуляторных батарей. В рудных шахтах в основном (почти 100 %) — контактные электровозы постоянного тока.

Контактные электровозы по сравнению с аккумуляторными проще по конструкции, более удобны и значительно дешевле в эксплуатации, обеспечивают большую скорость движения и производительность откатки, имеют большие коэффициент тяги (отношение тягового усилия к сцепному весу) и удельную мощность (в 2 ... 3 раза).

Однако в шахте реализовать преимущества контактных электровозов по скорости сложно, на практике их производительность оказывается выше, чем аккумуляторных, только на 25 ... 30 %.

Типы и область применения локомотивов. Отечественной промышленностью серийно выпускаются контактные электровозы типажного ряда К10 и К14, а также аккумуляторные электровозы АРП7, АРВ7, АМ8Д, АРП10 и АРП14.

В обозначениях электровозов типажного ряда буква К обозначает контактный, буквы АРВ — аккумуляторный рудничный взрывобезопасный, АРП — то же, повышенной надежности, цифры 7, 10 и 14 — указывают сцепной вес электровоза в тонно-силах.

В обозначении марок Единой системе обозначений не соответствует электровоз АМ8Д (аккумуляторный, модернизированный, сцепной вес 8 тс, Дружковского машиностроительного завода).

Наиболее оптимальной конструкцией является электровоз с максимальным сцепным весом 140 кН (14 тс). Для увеличения сцепного веса применяют спаренные электровозы.

За рубежом (США, Швеция, Великобритания и др.) выпускают аккумуляторные электровозы со сцепным весом от 20 до 200 кН, контактные — от 30 до 500 кН.

Рудничные электровозы применяют согласно ПБ в различных шахтных условиях в зависимости от их конструкции и исполнения.

Во всех выработках шахт, опасных по газу или пыли, могут применяться электровозы в исполнении РВ. Откатка аккумуляторными электровозами в исполнении РП допускается во всех откаточных выработках шахт I и II категорий по газу или опасных по пыли, а также в откаточных выработках со свежей струей воздуха шахт III категории и сверхкатегорных по газу.

В выработках с исходящей струей воздуха и в подготовительных, проветриваемых вентиляторами местного проветривания, шахт III категории и сверхкатегорных применение электровозов в исполнении РП допускается с разрешения главного инженера производственного объединения (ПО).

В выработках со свежей струей воздуха шахт I и II категорий по газу или опасных по пыли допускается работа контактных электровозов

в исполнении РН с двумя токоприемниками. С разрешения главного инженера ПО допускается работа с одним токоприемником, если установка второго не предусмотрена конструкцией электровоза.

Во всех выработках шахт, не опасных по газу и пыли, допускается применение контактных электровозов в рудничном исполнении.

Высокочастотные бесконтактные электровозы В10 и В14 со сцепным весом, соответственно, 100 и 140 кН предназначены для откатки по магистральным выработкам угольных шахт, опасных по газу или пыли, где разрешена эксплуатация локомотивов в исполнении РП.

Дизелевоз Д8 со сцепным весом 80 кН предназначен для откатки по главным откаточным и вентиляционным выработкам шахт, опасных по газу или пыли.

Гировозы ГР4 и ГР5 со сцепным весом, соответственно, 58 и 60 кН применяют для транспортирования материалов, оборудования, породы для закладки по вентиляционным выработкам шахт, сверхкатегорных по газу и пыли.

4.2 Конструкция механической части электровозов постоянного тока

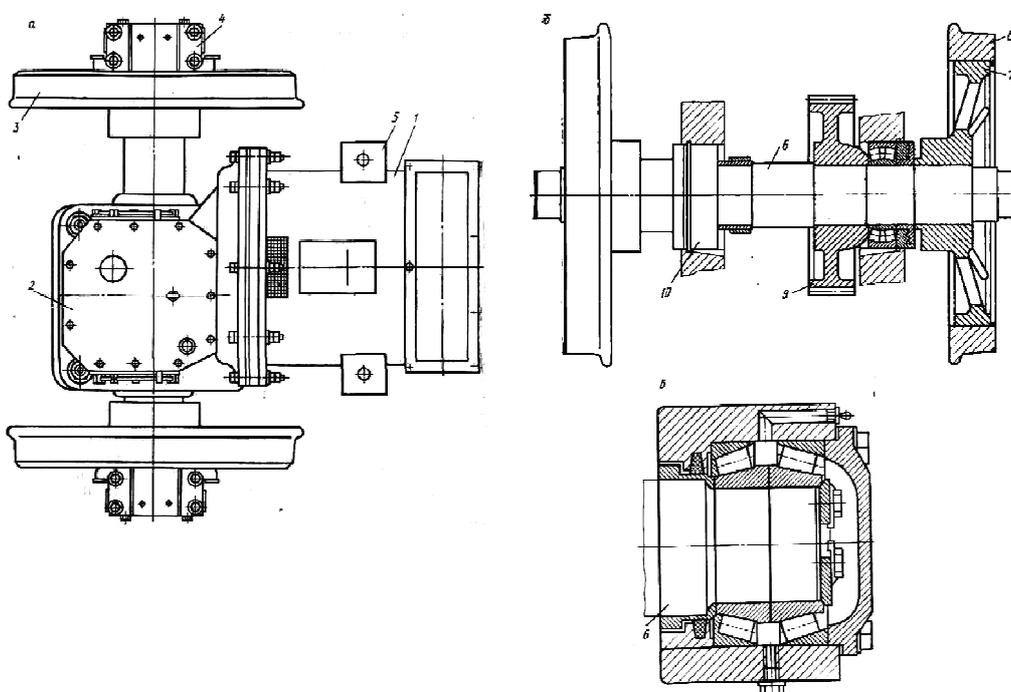
Рудничные локомотивы включают механическое и электрическое оборудование. К механическому оборудованию относят раму с буферами и сцепками, ходовую часть, рессорные подвески, тормозную систему, песочную систему, пневмооборудование, а к электрическому — тяговые двигатели, источники питания и пускорегулирующую аппаратуру.

Механическое оборудование контактных и аккумуляторных электровозов принципиально одинаково, отличие заключается в источнике питания и способе подвода энергии.

Рама электровоза является основной несущей частью, на которой монтируется все его оборудование. Раму оснащают стальными литыми буферами и сцепными устройствами со штыревой сцепкой или автосцепкой, управление которой производится дистанционно из кабины электровоза.

Кабина машиниста на раме расположена либо с краю, либо в центральной ее части. Некоторые конструкции электровозов имеют две кабины, расположенные по краям рамы.

Ходовая часть электровоза (рис. 4.2) включает в себя колесные пары и буксы, на которые опирается рама через амортизирующую рессорную подвеску. Колесная пара включает в себя ось, на концах которой жестко закреплены два колесных центра с бандажами, напрессованными на колесные центры в горячем состоянии. На оси горячей посадки закреплено зубчатое колесо двухступенчатого цилиндрического или цилиндрикоконического редуктора с фланцевым креплением к электродвигателю.



a — привод с колесной парой; *б* — колесная пара; *в* — букса

Рисунок 4.2 — Ходовая часть электровоза К14М

На оси также смонтированы два подшипника, на которых поворачивается корпус редуктора вместе с электродвигателем, эластично подвешенным на амортизаторах к балке рамы электровоза.

Рессорная подвеска электровоза обеспечивает смягчение ударов при прохождении по стыкам рельсов и стрелочным переводам, а также равномерное распределение веса электровоза на колесные пары. При-

меняют индивидуальную и балансирующую системы рессорного подвешивания. При индивидуальной системе рама опирается на каждую буксу через отдельную рессору. При балансирующей подвеске рессоры объединены между собой продольными балансирами, благодаря чему происходит равномерное распределение веса на все колеса электровоза.

Электровозы имеют две системы торможения: электрическую и механическую. Основным видом рабочего торможения является электрическое. Для экстренного торможения и полной остановки используют механические средства торможения.

Механическая тормозная система (рис. 4.3) включает колодочный тормоз с ручным, пневматическим или гидравлическим приводом. На современных тяжелых электровозах дополнительно устанавливается рельсовый электромагнитный тормоз.

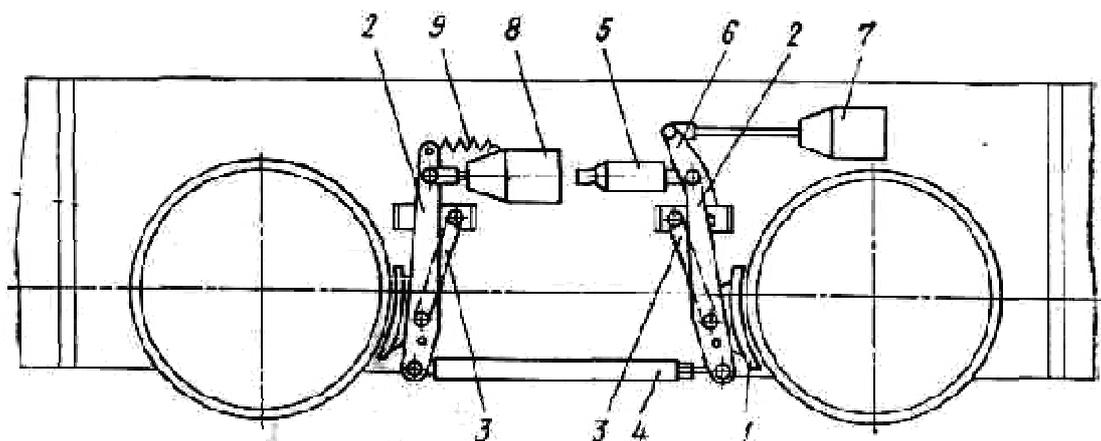


Рисунок 4.3 — Механическая тормозная система электровоза КТ14

Песочная система состоит из четырех бункеров для песка. Песочницы включаются попарно в зависимости от направления движения электровоза.

Электровозы со сцепным весом 100 кН и более оборудованы пневмосистемой, которая обеспечивает надежное механическое торможение, подачу песка под колеса, питание пневмоцилиндра опускания токоприемника и пневмосигнала. Источником сжатого воздуха на электровозе является компрессорная установка, приводимая электродвигателем постоянного тока.

Пневматическая и электрическая цепи заблокированы с дверями кабины электровоза, благодаря чему при открывании дверей автоматически отключается питание тяговых электродвигателей и включается пневмопривод тормозной системы.

Для контроля скорости движения и регистрации пройденного пути электровозы оборудуют скоростемерами и счетчиками.

К механическому оборудованию аккумуляторных электровозов относятся также батарейные ящики и устройства для их перекачивания. Батарейные ящики выполняют сварными из стальных листов. Устройство для перекачивания батарейных ящиков состоит из ряда роликов, установленных на раме электровоза.

4.3 Электрооборудование электровозов постоянного тока

Электрическое оборудование электровоза включает: тяговые двигатели постоянного тока с последовательным возбуждением; аппаратуру защиты и освещения; в случае реостатной системы управления — контроллеры, пусковые реостаты. Контактные электровозы оснащены токоприемниками, а аккумуляторные — тяговыми аккумуляторными батареями и штепсельными соединениями.

Достоинства двигателей постоянного тока:

- большие пусковой момент и перегрузочная способность;
- автоматическое регулирование скорости в зависимости от нагрузки;
- малая чувствительность к колебаниям напряжения питающей сети.

Свойства тягового двигателя отражает электромеханическая характеристика, изображающая зависимость силы тяги F (кН) на обода вращающихся колес, скорости V (км/ч) движения электровоза и КПД от тока двигателя I (А).

Номинальным режимом работы тяговых двигателей считается часовой режим, при котором допускаемая температура обмоток двигателя достигается через 1 ч его работы. В характеристике двигателя указывается часовая сила тяги $F_{\text{час}}$, часовая скорость $V_{\text{час}}$ и часовой ток $I_{\text{час}}$. Дли-

тельному режиму соответствует такой ток $I_{дл}$, при котором допускаемая температура обмоток достигается за неограниченно длительное время.

Отношение $I_{дл}/I_{час}$ — коэффициент вентиляции, величина которого зависит от способа охлаждения двигателя и составляет 0,4–0,45.

Управление тяговыми двигателями электровоза может осуществляться по реостатной и безреостатной схемам.

При реостатной системе управления (PCY) пуск, регулирование скорости, остановку, реверсирование и электрическое торможение осуществляют контроллером кулачкового типа. Пусковые сопротивления состоят из отдельных элементов, изготовленных из сплавов с большим удельным сопротивлением.

Электрические схемы электровозов позволяют соединять тяговые электродвигатели в первую половину пуска последовательно, а во вторую половину — параллельно. Такой двухступенчатый или последовательно-параллельный пуск обеспечивает экономию энергии, а также две экономичные скорости электровоза в зависимости от работы двигателей в процессе движения электровоза.

Недостатки PCY:

– большие потери (до 25 ... 30 %) электроэнергии в пусковых реостатах;

– скачкообразное и резкое изменение тока и тягового усилия при переходе с одной позиции контроллера на другую и вследствие этого недоиспользование сцепного веса электровоза в период пуска.

Особенно ощутима затратность реостатной схемы в аккумуляторных электровозах ввиду ограниченной энергоемкости аккумуляторных батарей.

Безреостатные системы управления выполняют путем секционирования аккумуляторной батареи и ослабления магнитного потока главных полюсов электродвигателей или использования тиристорно-импульсных преобразователей.

Секционирование построено на принципе параллельного или последовательного включения равного числа элементов аккумуляторной батареи. Соответствующей комбинацией включения секций аккумуляторной батареи и тяговых электродвигателей возможно получение напряжения на электродвигателях 25, 50 и 100 % от номинального. Та-

кая схема управления тяговыми электродвигателями позволяет уменьшить потери энергии, однако, как и при реостатной схеме, при этом недоиспользуется сила сцепления колес электровоза с рельсами в период пуска.

Схема управления тяговыми двигателями с тиристорно-импульсным преобразователем (ТИСУ) коренным образом улучшает эксплуатационные качества электровозов, ее преимущества:

- плавный пуск и регулирование скорости без потерь;
- повышение пускового тягового усилия, которое ограничивается только предельным значением коэффициента сцепления колес электровоза с рельсами;
- повышение надежности электрооборудования за счет устранения контактной коммутационной и пускорегулирующей аппаратуры и др.

Для питания тяговых двигателей аккумуляторных электровозов используют щелочные железоникелевые аккумуляторные батареи или кислотные.

Преимущества щелочных батарей:

- большой срок службы, примерно в 2 ... 2,5 раза;
- большая механическая прочность и выносливость;
- простота и безопасность эксплуатации.

Недостатки щелочных аккумуляторов:

- меньшее разрядное напряжение;
- меньшая, примерно в 1,5 ... 2 раза, удельная энергоемкость;
- большие габариты и вес.

Аккумуляторные элементы соединяют последовательно, располагают в батарейном ящике с внутренним изоляционным покрытием и присоединяют к электрической цепи электровоза штепсельным разъемом во взрывобезопасном исполнении. Батарейные ящики в исполнении РП имеют вентиляционные отверстия, а в исполнении РВ оборудованы специальными катализаторами, которые предназначены для окисления водорода, выделяющегося при работе аккумуляторов.

Основной электрический параметр батареи — емкость в ампер-часах. Выпускаются аккумуляторы типов ТЖН и ТНЖШ (тяговая, железоникелевая или, по новому ГОСТу, тяговая, никель-железная, шахт-

ная) различной емкости. Типажом предусмотрен ряд емкостей батарей: 250, 300, 450, 500, 550 и 650 А·ч.

Батареи обозначают 126ТЖН450 или 96ТНЖШ500ПУ5, первые цифры — число аккумуляторных элементов в батарее, буквы — тип элементов, последующие цифры — емкость батареи в ампер-часах, П — пластмассовый бак элемента, У — климатическое исполнение, цифра 5 — категория размещения. Для рудничных электровозов исполнение У категории 5 означает, что батарея пригодна для работы при температуре окружающей среды от 20 до +45°С.

К оборудованию электровозного транспорта относят тяговую сеть, тяговые и зарядные подстанции, гаражи.

Тяговая сеть состоит из выпрямительной подстанции, питающих и усиливающих кабелей, контактного провода, рельсового пути и отсасывающих кабелей. Ток от положительной шины выпрямительной подстанции подводится к контактному проводу питающими кабелями, отрицательная шина подстанции отсасывающими кабелями соединена с рельсовыми путями

С целью удобства обслуживания и ремонта тяговой сети и обеспечения ее надежной работы при большой длине откатки контактный провод секционируют на отдельные участки длиной 500 м с помощью секционных выключателей (разъединителей) и изоляторов. Такие же выключатели устанавливают на всех ответвлениях. Питание каждого участка производят отдельными кабелями.

На угольных и рудных шахтах для питания контактных электровозов допускается напряжение постоянного тока до 600 В. Практически применяется система напряжения 250 В на токоприемниках электровозов и 275 В на шинах тяговой подстанции. С целью исключения падения напряжения ниже допустимых норм применяют усиливающие кабели.

В шахтных условиях используют две схемы питания:

- централизованную, при которой тяговая сеть откаточного горизонта питается от подстанции, расположенной в ОД;

- и децентрализованную, при которой тяговая сеть откаточного горизонта разбита на участки, получающие питание от отдельных подстанций.

Централизованную систему питания применяют при небольшой длине откатки, децентрализованную — при большой длине, что обеспечивает уменьшение падения напряжения в тяговой сети.

Тяговая подстанция типа АТП на полупроводниковых кремниевых вентилях, размещаемая в ОД, состоит из одного или нескольких преобразователей трехфазного переменного тока промышленной частоты в постоянный ток.

Гараж или подземное депо представляет собой ремонтную мастерскую, расположенную в обособленной выработке. Для аккумуляторных электровозов кроме мастерской в депо предусматривается зарядная камера для зарядки аккумуляторных батарей и камера преобразовательной подстанции. В зарядной камере располагают полупроводниковые зарядные устройства типа ЗУК или УЗА. Для перестановки аккумуляторных батарей с электровоза на зарядные столы и обратно применяют мостовые краны грузоподъемностью 5 ... 7 т.

4.4 Высокочастотные электровозы, дизелевозы, гировозы

На угольных шахтах применяются высокочастотные бесконтактные электровозы исполнения РП. Энергия от тяговой подстанции к электродвигателям передается электромагнитной индукцией через подвешенные вдоль откаточного пути изолированные кабели и энергоприемник, установленный на электровозе. Плоский энергоприемник представляет собой ферритовый сердечник, в пазы которого уложены витки. Последовательно с витками энергоприемника для компенсации ЭДС самоиндукции включены конденсаторы, благодаря чему образуется приемный контур, выполняющий роль вторичной обмотки трансформатора. Кабели питаются от высокочастотного генератора переменным током частотой 5000 Гц. Зазор между кабелями и энергоприемником составляет около 100 мм. Ток, индуктируемый энергоприемником, преобразуется установленным на электровозе полупроводниковым кремниевым выпрямителем и поступает к тяговым электродвигателям. Для снижения высокого реактивного сопротивления в линию кабелей включены компенсирующие конденсаторы.

Достоинства бесконтактных электровозов повышенной частоты — взрывобезопасность, отсутствие аккумуляторного хозяйства.

Недостаток — высокий нагрев линейных кабелей.

Дизелевозы, также применяемые на отечественных угольных шахтах, оборудованы четырехтактным малотоксичным взрывобезопасным дизельным двигателем с водяным охлаждением, от которого передача движения на обе колесные пары осуществляется через трехскоростную реверсивную коробку передач, распределительный редуктор, телескопические валы и осевые конические редукторы. На зарубежных дизелевозах применяется гидродинамическая трансмиссия.

Дизельный двигатель снабжают устройствами для очистки и охлаждения выхлопных газов.

Достоинства дизелевозов — автономность, обеспечение взрывобезопасности и отсутствие аккумуляторного хозяйства.

Недостатки — загрязнение рудничной атмосферы продуктами сгорания, необходимость дополнительной подачи большого количества воздуха для разбавления выхлопных газов до допустимой нормы.

Гировозы приводятся в движение энергией, аккумулированной вращающимся маховиком, установленным на локомотиве. Раскручивание маховика осуществляется через зубчатую передачу от пневмодвигателя, подключаемого периодически к пневмосети, проложенной вдоль откаточной выработки. Передача энергии от вращающегося маховика к колесным парам осуществляется через многоступенчатую понижающую зубчатую и цепные передачи.

Достоинство гировозов — полная взрывобезопасность, недостаток — малый пробег с одной подзарядки.

4.5 Расчет электровозной откатки

Задачи расчета электровозной откатки:

- определение числа вагонеток в составе;
- определение скорости движения поезда на отдельных участках пути;
- определение необходимого числа вагонеток и электровозов для откаточного горизонта и шахты в целом;

- определение расхода энергии;
- выбор оборудования тяговой или зарядной подстанции;
- составление графика движения поездов, увязанного с работой участков, смежных звеньев транспорта и подъема;
- описание порядка производства маневровых работ в ОД и на погрузочных пунктах и основных мер безопасности при транспортировании грузов и людей.

Исходные данные:

- производственная мощность шахты и ее категория по газу и пыли;
- режим работы подземного транспорта;
- число и максимальная производительность погрузочных пунктов, расстояния до них от ОД к моменту сдачи откаточного горизонта в эксплуатацию и при максимальном удалении горных работ;
- количество подлежащих перевозке за смену породы, вспомогательных материалов и людей;
- минимальное сечение откаточных выработок;
- план, профиль и колея рельсовых путей;
- состояние рельсов (сухие, мокрые, степень их загрязнения);
- схема организации работы транспорта (однозвенная, двухзвенная, с закреплением или без закрепления электровозов за маршрутами и составами).

1. Принимаются электровозы, вагонетки или секционный поезд.

2. Производится спрямление уклона и пути.

Максимальные (преобладающие) уклоны длиной более 0,2 км спрямлению не подлежат, их необходимо учитывать в расчетах.

3. Расчет допустимой массы прицепной части поезда производят:

– при закреплении электровозов за маршрутами и составами — для каждого маршрута отдельно;

– если электровозы не закреплены за маршрутами и составами и на всех маршрутах отсутствуют преобладающие уклоны, то допустимую массу прицепной части поезда принимают для всех маршрутов одинаковой, при этом в расчетах пользуются средневзвешенными значениями уклона и длины откатки:

$$i_{с.в} = (i_{сн1}L_1 + i_{сн2}L_2 + \dots) / (L_1 + L_2 + \dots);$$

$$L_{с.в} = (L_1 A_1 + L_2 A_2 + \dots) / (A_1 + A_2 + \dots),$$

где $i_{сн1}, i_{сн2}, \dots$ — спрямленные уклоны 1-го, 2-го и т. д. маршрутов, ‰; L_1, L_2, \dots — длина 1-го, 2-го и т. д. маршрутов, км; A_1, A_2, \dots — грузопотоки 1-го, 2-го и т. д. маршрутов, т/смену.

В грузеном и порожнем составах принимается одинаковое число вагонеток. Составы должны быть специализированными. При двухзвенной схеме расчеты производят отдельно для магистральной и сборной откатки в пределах каждого пункта группирования грузопотока.

Допустимая масса прицепной части поезда устанавливается по условиям:

- сцепления колес электровоза с рельсами;
- допустимого нагрева тяговых двигателей;
- экстренной остановки поезда с соблюдением требований правил безопасности;
- вписывания поезда в лимитирующую (по длине) разминку или выработку;
- для аккумуляторных электровозов, кроме того, — по условию работы в течение смены без замены аккумуляторных батарей.

Допустимая масса прицепной части поезда по условиям сцепления колес с рельсами на прямолинейном участке пути определяется из выражения

$$F_T = g(Q + P)(w_0 \pm i + 110a) \leq 10^3 \cdot \psi P_{сц}, \quad (4.1)$$

где F_T — сила тяги электровоза по двигателям, Н; P и Q — масса соответственно электровоза и прицепной части поезда, т; w_0 — основное удельное сопротивление движению поезда, Н/кН; i — расчетный уклон пути, ‰; a — ускорение или замедление поезда, м/с²; ψ — коэффициент сцепления тяговых колес электровоза с рельсами; $P_{сц}$ — сцепной вес электровоза, кН.

Допустимая масса прицепной части грузеного $Q_{г}$ и порожнего $Q_{п}$ поездов по условиям сцепления при трогании с места при $gP=P_{сц}$, соответственно, под уклон и на подъем, определяемая из выражения (4.1):

$$Q_{г} = P \left[10^3 \psi_{п} / (w_{г.п} - i + 110a_{п}) - 1 \right]; \quad (4.2)$$

$$Q_{\text{п}} = P \left[10^3 \psi_{\text{п}} / (w_{\text{п.п}} + i + 110a_{\text{п}}) - 1 \right], \quad (4.3)$$

где $w_{\text{г.п}}$ и $w_{\text{п.п}}$ — удельное сопротивление движению, соответственно, груженого и порожнего поезда при трогании, Н/кН; $a_{\text{п}}$ — пусковое ускорение, м/с² (обычно $a_{\text{п}} = 0,03$ м/с²); $\psi_{\text{п}}$ — коэффициент сцепления при пуске.

4. Масса прицепной части поезда по условиям допустимого нагрева тяговых двигателей за время работы электровоза в течение смены при $a=0$,

$$k_{\text{ох}} F_{\text{дл}} = g(Q + P)(w_{\text{о}} \pm i), \quad (4.4)$$

где $F_{\text{дл}}$ — длительная сила тяги, при которой тяговые двигатели не перегреваются в течение длительной работы; $k_{\text{ох}}$ — коэффициент, учитывающий дополнительный нагрев двигателей при маневровых операциях и охлаждение при стоянках и движении накатом.

Из формулы (4.4) для груженого и порожнего составов получим:

$$Q_{\text{г}} = k_{\text{ох}} F_{\text{дл}} / g \cdot (w_{\text{г}} - i) - P;$$

$$Q_{\text{п}} = k_{\text{ох}} F_{\text{дл}} / g \cdot (w_{\text{г}} + i) - P.$$

Из двух значений $Q_{\text{г}}$ и двух значений $Q_{\text{п}}$, полученных по приведенным выше формулам, выбирают меньшие значения и определяют число вагонеток в груженом $z_{\text{г}}$ и порожнем $z_{\text{п}}$ составах:

$$z_{\text{г}} = Q_{\text{г}} / (G + G_0);$$

$$z_{\text{п}} = Q_{\text{п}} / G_0,$$

где G и G_0 — масса, соответственно, груза в вагонетке и самой вагонетки, т.

При наличии разминовки или выработки ограниченной длины величину состава (число вагонеток) проверяют по возможности его вписывания.

Число вагонеток (секций) в составе z принимается равным меньшему значению полученных $z_{\text{г}}$ и $z_{\text{п}}$ и округленному до меньшего целого числа. После этого окончательно получим

$$Q_{\Gamma} = z_{\Gamma}(G + G_0);$$

$$Q_{\Pi} = z_{\Pi}G_0.$$

Возможность экстренной остановки поезда с соблюдением требований правил безопасности обеспечивается установлением допустимой скорости движения, величину которой можно определить из уравнения движения при принудительном торможении поезда. Во избежание «юза» сила торможения B не должна превышать силы сцепления $F_{\text{сц}}$ (Н), т. е. должно выполняться условие

$$B = 10^3 \cdot \psi_{\Gamma} P_{\text{сц}} \geq g(Q + P)(w_0 \pm i + 110a), \quad (4.5)$$

где ψ_{Γ} — коэффициент сцепления при торможении.

Замедление a_{Γ} (м/с²) в случае торможения до полной остановки поезда определяется условием

$$a_{\Gamma} = -v_{\text{н}}^2 / 2l,$$

где $v_{\text{н}}$ — скорость в начале торможения; м/с; l — путь торможения, м.

После подстановки в выражение (4.5) значения a_{Γ} с учетом равенства $P_{\text{сц}} = gP$ получим

$$v_{\text{н}} = \sqrt{[10^3 \psi_{\Gamma} P / (P + Q) - w_0 \pm i]l/55}, \text{ м/с.} \quad (4.6)$$

Подставляя в формулу (4.6) значения Q_{Γ} и Q_{Π} , после некоторых преобразований с учетом требований ПБ, возможностей машиниста и тормозной системы локомотива при торможении получим допустимые значения скорости движения груженого и порожнего поездов:

$$v_{\text{д.п}} = k \sqrt{10^3 \psi_{\Gamma} P / (P + Q_{\Pi}) - w_{\Pi} - i}; \text{ (км/ч);}$$

$$v_{\text{д.г}} = k \sqrt{10^3 \psi_{\Gamma} P / (P + Q_{\Gamma}) - w_{\Gamma} + i}; \text{ (км/ч),}$$

где k — коэффициент, учитывающий величину действительного тормозного пути с учетом реакции машиниста, холостого хода тормозной системы и величины регламентируемого ПБ расчетного тормозного пу-

ти l_T (м), новую размерность скорости (км/ч). При $l_T=40$ м $k=2,70$, при $l_T=80$ м $k=3,96$.

Действительные скорости движения v_T и v_{II} определяют по электромеханической характеристике тяговых двигателей электровоза. Для этого сначала определяют действительные силы тяги при установившемся движении с грузом и порожняком, приходящиеся на один двигатель:

$$F'_T = (P + Q_T)(w_T - i)g/n_{дв};$$

$$F'_{II} = (P + Q_{II})(w_{II} + i)g/n_{дв},$$

где $n_{дв}$ — число тяговых двигателей электровоза.

Затем по электромеханической характеристике определяют v_T и v_{II} , соответствующие F'_T и F'_{II} , сравнивают их с допустимыми скоростями и в случае превышения ограничивают.

Одновременно по электромеханической характеристике определяют силы тока I_T и I_{II} (А), соответствующие значениям F'_T и F'_{II} , которые необходимы для расчета тяговой сети.

Далее определяют время рейса

$$t_p = t_T + t_{II} + \Theta, \text{ мин},$$

где $t_T = 60L_T / k_T v_T$ — время движения груженого состава, мин; $t_{II} = 60L_{II} / k_{II} v_{II}$ — время движения порожнего состава, мин; k_T и k_{II} — коэффициенты, учитывающие снижение скорости в периоды разгона и торможения поезда (можно принимать равными, соответственно, 0,75 и 0,80); Θ — время маневровых операций, зависящее от организации работ и типа принятых вагонеток. Для угольных шахт можно принимать $\Theta=25 \dots 30$ мин.

Возможное число рейсов за смену n_B при продолжительности смены $T_{см}$ (ч) и коэффициенте машинного времени k_M , учитывающем время подготовки электровоза к работе,

$$n_B = 60T_{см} k_M / t_p,$$

где $k_M=0,85$ — для аккумуляторных и $k_M=0,9$ — для контактных электровозов.

Потребное число рейсов за смену

$$n_{\text{п}} = k_{\text{н}} A_{\text{см}} / zG + n_{\text{л}} + n_{\text{м}},$$

где $k_{\text{н}}$ — коэффициент неравномерности поступления груза, величину которого принимают равной 1,5 при отсутствии аккумулирующих емкостей на погрузочных пунктах и 1,25 — при их наличии; $A_{\text{см}}$ — наибольшая сменная производительность откаточного горизонта, т/смену; $n_{\text{л}}$ и $n_{\text{м}}$ — число рейсов, соответственно, с людьми и вспомогательными грузами (обычно $n_{\text{л}}=2$, $n_{\text{м}}=1$).

Потребное число рабочих электровозов

$$N = n_{\text{п}} / n_{\text{в}}.$$

Инвентарное число электровозов

$$N_{\text{и}} = N + N_{\text{р}},$$

где $N_{\text{р}}$ — резервное число электровозов, принимаемое равным единице на каждые шесть работающих электровозов, но не менее одного и не более трех электровозов на один откаточный горизонт.

Потребное число вагонеток устанавливают методом их расстановки по рабочим местам.

Расход энергии за один рейс $W_{\text{р}}$ (МДж), отнесенный к колесам электровоза,

$$W_{\text{р}} = 10^{-3} (F_{\text{г}} L_{\text{г}} + F_{\text{п}} L_{\text{п}}).$$

Расход энергии (МДж), отнесенный к шинам центральной подстанции, составляет:

– для контактных электровозов:

$$W_{\text{ц.п}} = W_{\text{р}} / \eta_{\text{л}} \eta_{\text{с}} \eta_{\text{п}};$$

– для аккумуляторных электровозов

$$W_{\text{ц.п}} = W_{\text{р}} / \eta_{\text{л}} \eta_{\text{эн}} \eta_{\text{з.у}},$$

где $\eta_{\text{л}}=0,6$ — КПД электровоза; $\eta_{\text{с}}=0,95$ — КПД контактной сети; $\eta_{\text{п}}=0,93$ — КПД тяговой подстанции; $\eta_{\text{эн}}=0,47$ — энергетический КПД аккумуляторных батарей; $\eta_{\text{з.у}}=0,95$ — КПД зарядного устройства.

Удельный расход энергии (МДж/т·км)

$$w_{\text{уд}} = W_{\text{ц.п}} / GzL_{\Gamma}.$$

Общий расход энергии за смену (МДж/смену) составляет

$$W_{\text{см}} = w_{\text{уд}} A_{\text{см}} L_{\Gamma}.$$

Возможное число рейсов аккумуляторного электровоза без замены батарей

$$n_{\text{в.а}} = 3,6 \cdot 10^{-3} C_{\text{б}} U_{\text{б}} \eta_{\text{л}} / W_{\text{р}},$$

где $C_{\text{б}}$ — разрядная емкость батареи, А·ч; $U_{\text{б}}$ — разрядное напряжение, В.

Если $n_{\text{в.а}} \leq n_{\text{в}}$, то следует уменьшить число вагонеток в составе.

Потребное число аккумуляторных батарей

$$n_{\text{б}} = 2N_{\text{и}} + N_{\text{р}},$$

где $n_{\text{р}}$ — резервное число батарей (обычно $n_{\text{р}}=1$ на каждые 10 работающих батарей).

Потребное число зарядных столов

$$n_{\text{ст}} = N_{\text{и}} + (2 \dots 4),$$

где 2 — при $N_{\text{и}} \leq 10$; 4 — при $N_{\text{и}} > 10$.

Число зарядных устройств принимают равным числу зарядных столов.

4.6 Организация движения, СЦБ и автоматизация

Локомотивный транспорт является составной частью внутришахтного транспорта (ВШТ). Организацией работы и эксплуатацией локомотивного транспорта занимаются службы: пути, тяги и движения.

Служба пути производит укладку, содержание и ремонт рельсового пути.

Служба тяги осуществляет эксплуатацию и ремонт электровозов и вагонеток. В ее ведении находятся контактная сеть, депо с ремонтными мастерскими и зарядными подстанциями, оборудование погрузоч-

ных и обменных пунктов. Служба тяги производит также надзор за исправностью и эксплуатацией всего электромеханического оборудования электровозного транспорта. В состав службы тяги входят бригады машинистов, бригады по ремонту электровозов, вагонеток и другого оборудования локомотивной откатки.

Служба движения осуществляет руководство движением составов, производит организацию подачи порожних составов на участки и своевременную вывозку полезного ископаемого и породы, перевозку людей, руководство подземной связью и системами сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ) стрелок и сигналов и др. В состав службы движения входят транспортные диспетчеры, горные мастера по движению и СЦБ, а также бригады рабочих.

Организация работы локомотивного транспорта должна обеспечивать бесперебойное обслуживание погрузочных пунктов, прием вагонеток в ОД, их разгрузку и своевременное формирование и отправление на участки поездов с порожними вагонетками.

Обслуживание погрузочных пунктов локомотивной откаткой на угольных и рудных шахтах осуществляется по одному из двух видов *организации движения*: локомотив закреплен за определенным составом; локомотив не закреплен за составом.

В первом случае состав перемещается локомотивом при погрузке, на перегонах и при разгрузке, что не требует дополнительного маневрового оборудования, однако в этом случае оказывается низким коэффициент использования локомотивов. Такой вид организации движения используется на рудных шахтах, где преобладает большое число часто перемещаемых погрузочных пунктов.

Во втором случае, когда локомотив не закреплен за составом, последний перемещается локомотивом только на перегонах, а перемещение вагонеток при погрузке и разгрузке осуществляется различными маневровыми устройствами. Такой вид организации движения повышает коэффициент использования локомотивов, создает возможность запаса порожних вагонеток на станциях, однако требует использования маневрового оборудования. Такую организацию движения применяют на угольных шахтах при небольшом числе относительно стабильных погрузочных пунктов.

Определение маршрута каждому локомотиву осуществляют по одному из трех вариантов:

- каждый локомотив закреплен за определенным откаточным участком в течение всей смены;
- локомотивы не закреплены за откаточными участками, маршрут их движения устанавливается на каждый рейс диспетчером;
- локомотивы работают по заранее установленному маршруту по жесткому графику.

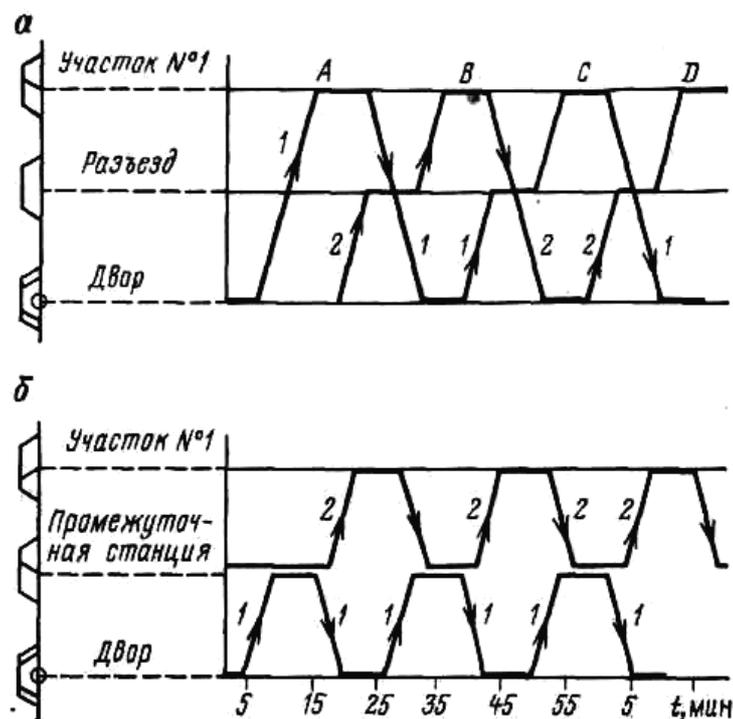
Использование первого варианта целесообразно на изолированных откаточных участках или на основных выработках при небольшом числе локомотивов. Этот вариант значительно упрощает диспетчерское управление, однако он не обеспечивает эффективного использования подвижного состава, равномерного прибытия поездов в ОД, производительность каждого локомотива ограничена производительностью того участка, за которым он закреплен.

Второй и третий варианты используются в тех случаях, когда на основном горизонте находится в эксплуатации большое число локомотивов.

Установление маршрута по выбору диспетчером или по жесткому графику позволяет наиболее полно обеспечить порожняком погрузочные пункты и организовать эффективную работу локомотивного транспорта.

Графики движения поездов. Для обеспечения плановой откатки и ее увязывания с другими транспортными установками и подъемом составляют графики движения поездов. При работе двух или трех электровозов в однопутной выработке организацию движения поездов осуществляют по графику встречного движения со скрещиваниями (рис. 4.4, *а*), эстафетному графику (рис. 4.4, *б*) или комбинированному.

При организации движения по эстафетному графику откаточный участок разделяют на ряд перегонов, число которых соответствует числу работающих электровозов. Откатку на каждом перегоне производят одним определенным электровозом с перецепкой составов на разминовках. Такой график применяют при длине откатки свыше 2 км.



*а — со скрещеннями; б — эстафетный; 1 — электровоз № 1;
2 — электровоз № 2*

Рисунок 4.4 — Графики движения поездов

Движение трех и большего числа электровозов по однопутному участку с несколькими обменными и погрузочными пунктами осуществляется по комбинированному, со скрещеннями или эстафетному графику с устройством путевых разминок через каждые 300 ... 400 м и с применением аппаратуры блокировки стрелок и сигналов, а также связи машиниста электровоза с диспетчерской службой.

При одновременной работе на участке четырех и более электровозов целесообразно переходить на двухпутное раздельное движение груженых и порожних составов.

Электровозы в течение смены работают либо по заранее составленному жесткому графику, либо маршрут их следования задается на каждый рейс диспетчером.

При грузообороте электровозного транспорта до 500 ... 1000 т/сутки работа внутришахтного транспорта (ВШТ) контролируется горным диспетчером. При большем грузообороте, а также при одновременной работе более 8 электровозов на каждом добычном гори-

зонте или 10 электровозов в смену вводится специальная диспетчерская служба движения.

Поточная откатка. Использование саморазгружающихся секционных поездов типа ПС позволяет организовать поточную технологию работы локомотивной откатки, при которой обеспечивается высокая производительность благодаря комплексной механизации всех взаимосвязанных между собой транспортных операций, таких как: погрузка, транспортирование и разгрузка. При этом откатка осуществляется по замкнутому циклу. При использовании поточной технологии откатки исключаются маневровые операции и ручной труд по сцепке и расцепке вагонеток, отсутствуют опрокидыватели и толкатели на разгрузочных пунктах, а также упрощается оборудование погрузочных пунктов.

Система СЦБ. На угольных и рудных шахтах для оперативного управления работой электровозного транспорта применяется система СЦБ (система сигнализации, централизации, блокировки).

СЦБ — комплекс технических средств, предназначенных для централизованного управления движением поездов по откаточным выработкам и в околоствольном дворе.

Комплект аппаратуры СЦБ состоит из светофоров и пр.

Устройства сигнализации (светофоры и связь) предназначены для обеспечения безопасного движения поездов и подачи сигналов машинам электровозов.

Устройства централизации (путевые датчики, приводы стрелочных переводов, централизованные аппараты с релейными шкафами, реле, источники питания) предназначены для дистанционного управления сигналами и стрелочными переводами из диспетчерского пункта.

Устройства блокировки предназначены для контроля за сигналами светофоров, положением стрелок, наличием подвижного состава на отдельных участках пути.

В зависимости от числа эксплуатируемых электровозов, расстояния транспортирования, производительности и степени сложности путевого развития применяют один из известных типов системы СЦБ. Так, шахты с небольшим числом электровозов и малой производитель-

ностью оборудуют *автоматической световой блокировкой* или путевой сигнализацией без контроля стрелок. При несложной схеме путевого развития и маневрирования в ОД используют *систему автоматической блокировки стрелок и сигналов*, переключение которых производится дистанционно по команде машиниста электровоза.

При работе трех и более электровозов на однопутных откаточных выработках с разминовками применяют аппаратуру автоматической двухцветовой сигнализации (АДС) и управления стрелочными переводами, а также управление одиночными стрелочными переводами машинистом из кабины движущегося электровоза. Аппаратура АДС обеспечивает автоматическое включение разрешающего (зеленого) света светофора при наличии запроса на свободный блок-участок, переключение зеленого света на красный при въезде на блок-участок и др.

Светофоры, имеющие красный (запрещающий) и зеленый (разрешающий) сигналы, предназначены для обеспечения безопасности движения составов. По назначению светофоры разделяются на входные, выходные и проходные. Входные и выходные сигналы разрешают или запрещают вход или выход поезда на разминовку или с перегона в ОД. Проходные сигналы разрешают или запрещают движение поезда с одного участка на другой в пределах перегона или ОД. Светофоры располагают таким образом, чтобы их сигналы были видны машинисту локомотива на расстоянии не менее длины тормозного пути поезда.

Путевые датчики представляют собой приемные элементы, которые служат для связи подвижного состава с сигнальными и централизованными устройствами и автоматически регулируют движение локомотивов. В подземных условиях применяют механические, индуктивные, электроконтактные и другие датчики.

В системах СЦБ используется аппаратура блокировки стрелок и сигналов АБСС-1М, состоящая из блока управления маршрутами, блока автоматического управления стрелками и бесконтактного преобразователя напряжения. Эта аппаратура обеспечивает автоматическое управление светофорами и приводами стрелочных переводов в зависимости от места нахождения поездов на путевых участках.

Для управления стрелочным переводом машинистом из кабины движущегося электровоза применяют комплекс аппаратуры НЭРПА-1,

обеспечивающей перевод стрелки бесконтактным способом кнопкой местного управления, а также контроль положения и прижатия острия стрелки. Комплекс включает в себя передатчик высокочастотных сигналов, приемник сигналов, пускатель и привод стрелочного перевода.

Дистанционное управление. В рудных шахтах на погрузочных и разгрузочных пунктах широко применяют систему дистанционного управления электровозом, при которой машинист покидает кабину и управляет движением состава и работой погрузочных и разгрузочных механизмов с переносного пульта управления. Дистанционное управление электровозом осуществляется с помощью высокочастотных сигналов (команд) по контактной сети. Аппаратура дистанционного управления рудничным контактным электровозом (АДУЭР) обеспечивает управление электровозом «Вперед» и «Назад», его затормаживание и включение звукового и светового предупредительных сигналов перед началом движения электровоза. Эта система позволяет повысить производительность труда благодаря совмещению функций оператора погрузочной или разгрузочной установки и машиниста электровоза.

АСУ. На крупных зарубежных рудных шахтах внедрены автоматические системы управления подземным электровозным транспортом. АСУ состоит из подсистемы сдвоенных компьютеров, подсистемы передачи данных, системы автоматического управления поездом, дистанционного управления погрузкой, логического устройства с программным управлением для дробильного отделения.

Информация о занятости путей и положении стрелок и сигналов через систему передачи данных поступает на мнемосхему и систему компьютеров в центр управления электровозным транспортом. Роль передающей антенны выполняет петля из одножильного кабеля, проложенного вдоль пути над контактным: проводом. На электровозе установлена приемная антенна. Команда, принимаемая антенной, дешифрируется и поступает на управляющее устройство электровоза.

После ухода состава с места разгрузки АСУ выбирает в соответствии с планом очередности нужный пункт погрузки и оптимальный маршрут движения. Скорость электровоза задается через устройства автоматического управления поездами. Компьютерная система непрерывно следит за движением поезда.

По прибытии поезда к месту погрузки на мнемосхеме появляется сигнал. Оператор приступает к дистанционному управлению погрузкой, наблюдая за процессом на телеэкране, передача изображений на которой осуществляется от телекамеры, установленной на погрузочном пункте. После загрузки состава по команде оператора компьютерная система направляет состав на соответствующий пункт разгрузки.

Автоматическое вождение поездов с помощью ЭВМ и промышленного телевидения позволяет повысить пропускную способность электровозного транспорта, сократить число подвижных составов и обслуживающего персонала, повысить безопасность труда.

Диспетчерская служба. Для оперативного управления работой локомотивной откатки на шахтах при наличии системы СЦБ, требующей управления откаткой с одного пульта, вводится диспетчерская служба. Диспетчерская служба также вводится на шахтах с одним рабочим горизонтом при одновременной работе более 10 локомотивов или с несколькими рабочими горизонтами при одновременной работе на каждом из них более восьми локомотивов.

В функции диспетчера входят:

- контроль и управление работой транспорта;
- обеспечение бесперебойного снабжения порожними вагонетками всех забоев и своевременного вывоза руды и породы;
- обеспечение своевременной перевозки людей к местам работы и обратно.

В камере диспетчера расположен централизованный аппарат, служащий для дистанционного управления сигналами и стрелками. На этом аппарате размещена мнемосхема, показывающая состояние светофоров (светофорные повторители) и местонахождение электровозов на различных участках откаточных путей. На этом же аппарате имеется пульт управления с кнопками, с помощью которых диспетчер управляет светофорами и стрелочными переводами. Кроме того, диспетчер постоянно поддерживает связь с машинистами электровозов.

На угольных шахтах, где более сложные условия эксплуатации электровозного транспорта, получают распространение автоматическая путевая сигнализация и блокировка стрелок и сигналов.

При автоматической сигнализации и блокировке рельсовые пути откаточных выработок разбивают на блок-участки, огражденные светофорами, оборудованные путевыми датчиками и дистанционно управляемыми с движущегося электровоза стрелочными переводами. На оборудованных таким образом блок-участках не допускается выезд состава на занятый участок и исключается столкновение составов.

4.7 Эксплуатация, охрана труда

Эксплуатация локомотивного транспорта осуществляется в строгом соответствии с ПТЭ и ПБ.

На шахтах составляют схемы откатки с указанием ее режима и нанесением схемы контактной сети. Режим откатки включает в себя расчет весовой нормы поезда и числа вагонеток в составе, скорость движения составов на отдельных участках выработок, порядок производства маневровых работ в ОД и на погрузочном пункте, основные правила безопасности при перевозке грузов и людей.

К управлению локомотивом допускаются только лица, имеющие свидетельство на право управления данным типом локомотива.

Машинисту перед отправкой в рейс обязательно выдают путевой лист с указанием маршрута и мест производства по пути следования ремонтных и других работ.

Во время движения локомотив должен находиться в голове состава. При выполнении маневровых операций на участке протяженностью не более 300 м разрешается нахождение локомотива в хвосте состава.

Локомотивы в процессе эксплуатации осматриваются ежесуточно дежурным электрослесарем, еженедельно начальником локомотивного депо или механиком участка внутришахтного транспорта и один раз в квартал начальником внутришахтного транспорта. Результаты осмотра заносят в специальный журнал.

Ремонтный осмотр локомотивов производят один раз в месяц, текущий ремонт — один раз в шесть месяцев, капитальный ремонт — раз в три года.

Разрешается осматривать и ремонтировать электровозы только при отключении контактной сети или аккумуляторной батареи. На шах-

тах, опасных по газу или пыли, вскрытие взрывобезопасной оболочки электрооборудования, а также батарейного ящика разрешается производить только в депо.

Запрещается эксплуатация локомотива при неисправности буферов и сцепных устройств, не отрегулированных тормозах, нарушении взрывобезопасности электрооборудования в шахтах, опасных по газу или пыли, при снятой крышке батарейного ящика, изношенных более чем на 2/3 толщины колодок и прокатке бандажей более 10 мм и других неисправностях, указанных в инструкции по эксплуатации локомотива.

Контрольные вопросы

1. Укажите достоинства и недостатки локомотивного транспорта.
2. Чем исполнение РП электровозов отличается от исполнения РВ?
3. Назовите область применения локомотивов исполнения РВ.
4. Что означает сцепной вес локомотива?
5. Что входит в ходовую часть электровоза?
6. Для чего предназначена механическая тормозная система электровоза?
7. Что входит в электрическую часть электровоза?
8. Какие двигатели применяются в рудничных электровозах?
9. Какие зависимости отражены на электромеханической характеристике электровоза?
10. Какой режим работы электровоза принято считать часовым?
11. Какой ток электродвигателя называется длительным?
12. Какие существуют системы управления тяговыми двигателями рудничных электровозов?
13. Какие функции выполняет система управления тяговыми двигателями рудничных электровозов?
14. Проведите сравнение щелочных и кислотных аккумуляторов.
15. Как производится очистка и охлаждение выхлопных газов рудничных дизелевозов?
16. Какие задачи решаются в результате расчета электровозной откатки?

17. Какое условие положено в основу расчета прицепной массы поезда по сцеплению колес с рельсами?
18. Какое условие положено в основу расчета прицепной массы поезда по нагреву электродвигателей?
19. Их каких соображений определяется допустимая скорость движения поезда?
20. Как определяется число вагонеток в составе?
21. Как определяется потребное и инвентарное число локомотивов?
22. Какие службы занимаются организацией и эксплуатацией локомотивного транспорта?
23. При каких условиях локомотивная откатка называется точной?
24. Для чего предназначена система СЦБ?
25. Какими документами руководствуются при эксплуатации локомотивного транспорта?

5 АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ

5.1 Общие сведения

Область применения автотранспорта.

Автомобильный транспорт получил широкое распространение в мире по объему перевозок и числу карьеров, на которых он применяется.

Автотранспорт применяется: при строительстве карьеров; при разработке карьеров по добыче цветных и железных руд, горнохимического сырья и строительных материалов; при разработке месторождений, имеющих включения пустых пород; при разработке месторождений малой и средней мощности; при сравнительно небольших расстояниях транспортирования (до 3 ... 4 км); при разработке месторождений, расположенных вдали от магистральных дорог и мощных энергетических ресурсов.

Автотранспорт также используется как основной вид транспорта в комбинации с конвейерным, железнодорожным и скиповым транспортом.

Достоинства автотранспорта:

- независимость от источника энергии;
- высокая маневренность;
- незначительные радиусы поворота машин (8 ... 15 м);
- большие уклоны автодорог (в грузовом направлении — 80 ... 100 ‰, в порожняковом — 150 ‰);
- независимость эффективности транспортирования от физико-механических свойств транспортируемого материала;
- сравнительно небольшие затраты на сооружение и содержание дорог.

Недостатки автотранспорта:

- высокая стоимость автомобильных перевозок (удельные затраты на транспортирование на 1 т/км в 5 ... 6 раз выше, чем при железнодорожном транспорте);
- зависимость работы автомобилей от климатических условий;
- высокая трудоемкость дорожных работ при снегопадах, гололедице, дождях;

- большая стоимость машин и значительные затраты на их содержание;
- зависимость работы транспорта от привозного жидкого топлива;
- высокая энергоемкость;
- значительное газовыделение;
- незначительные экономически выгодные расстояния транспортирования.

Схемы движения автотранспорта определяются горно-техническими условиями разработки месторождения и направлением транспортирования полезного ископаемого и вскрышных пород.

При разработке месторождений с горизонтальным и слабонаклонным залеганием полезного ископаемого при небольшой глубине применяются прямые съезды. На глубоких карьерах с ограниченными размерами в плане получили распространение спиральные съезды. При значительной глубине и при разработке месторождений на склоне горы используются петлевые съезды. На большинстве глубоких карьеров используется комбинация спиральных и петлевых съездов.

5.2 Автомобильные дороги

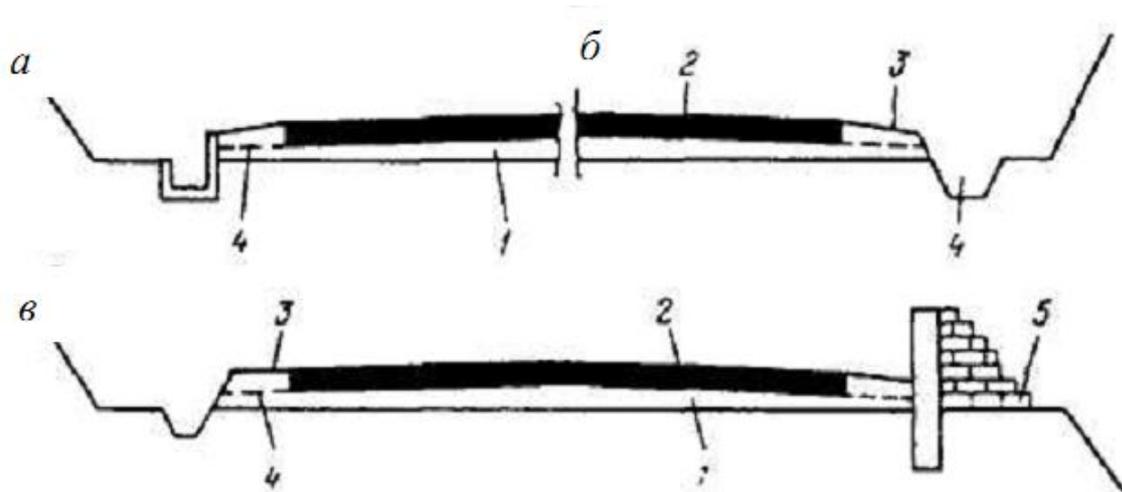
Автомобильные дороги в карьерах разделяют:

- по характеру перевозимого груза — на производственные (для транспортирования полезного ископаемого к пунктам разгрузки и вскрыши в отвалы) и служебные;

- по условиям эксплуатации — на стационарные (со сроком службы свыше 1-го года), и временные (срок службы до года, иногда до трех лет), перемещаемые вслед за продвижением фронта работ.

Главным признаком, определяющим конструкцию и параметры автомобильной дороги, является *грузонапряженность* (количество груза в тоннах, перевозимое по данному участку дороги в единицу времени).

Автомобильные дороги состоят из земляного полотна с искусственными сооружениями, проезжей части и обочин (рис. 5.1). Устойчивость земляного полотна достигается укладкой его из прочных грунтов и устройствами для отвода поверхностных и грунтовых вод.



1 — земляное полотно; 2 — дорожная одежда; 3 — обочина;
 4 — водоотводные сооружения; 5 — ограждение

Рисунок 5.1 — Поперечное сечение автодороги в рыхлых породах (а), скальных породах (б) и на съездах (в)

Ширину земляного полотна составляют ширина проезжей части и ширина ее двух обочин. Ширина проезжей части карьерных автомобильных дорог определяется в зависимости от скорости движения, габаритов автомобилей и схемы движения.

В карьерах могут быть следующие схемы движения: встречное по одной полосе автодороги, встречное по двум полосам и кольцевое.

Дороги на уступах выполняются с поперечным уклоном в 20 % в сторону вышележащего уступа. Величина продольного уклона временных дорог — 60 ... 80 %.

Радиус горизонтальных криволинейных автодорог в значительной степени влияет на скорость движения и устойчивость автомобиля при движении.

Проезжая часть дороги покрывается дорожной одеждой, которая выполняется в один или несколько конструктивных слоев из различных материалов. Многослойная дорожная одежда устраивается, как правило, на постоянных дорогах и имеет следующие основные конструктивные слои.

Покрытие — верхний слой дорожной одежды, который в свою очередь состоит из слоя износа, периодически возобновляемого по мере

его истирания, и основного слоя, определяющего эксплуатационные свойства покрытия.

Основание — несущая часть дорожной одежды, обеспечивающая совместно с покрытием передачу нагрузок на подстилающий слой или непосредственно на грунт земляного полотна.

Дополнительный слой основания – нижний конструктивный слой дорожной одежды, выполняющий наряду с передачей нагрузок на земляное полотно также функции морозозащитные, дренирующие и выравнивающие.

Слои одежды располагают по принципу снижения их прочности в соответствии с уменьшением напряжений по глубине.

Материалами для основания служат щебень, грунтощебень, гравий, грунт, обработанный вяжущими материалами, а для дополнительного слоя используется крупнозернистый песок, гравелистые грунты, раздробленная горная порода и другие местные материалы.

На временных забойных и отвальных дорогах устраивается обычно однослойная дорожная одежда из выровненной горной массы с подсыпкой щебеночного или гравийного материала. Для скользких съездов соединительных и хозяйственных дорог устраивается однослойное покрытие из гравия или взорванной скальной вскрыши слоем в несколько десятков сантиметров.

Из капитальных покрытий широкое распространение получили железобетонные и цементобетонные покрытия, которые обладают высокой износостойкостью и удовлетворительными характеристиками по сцеплению.

Содержание и ремонт автомобильных дорог производится с помощью дорожной техники (грейдеров, бульдозеров, снегоочистителей и др.).

5.3 Общее устройство автосамосвала

Основные узлы автосамосвалов.

Источником механической энергии, приводящим автомобиль в движение, является двигатель.

На карьерных автосамосвалах применяются *дизельные двигатели внутреннего сгорания*, работающие на дизельном топливе.

В дизельных двигателях внутреннего сгорания воспламенение смеси воздуха и топлива происходит вследствие повышения температуры при сжатии смеси. Степень сжатия рабочей смеси в дизельных двигателях принимают равной от 16 до 20.

На отечественных автосамосвалах применяют четырехтактные 6-, 8- и 12-цилиндровые двигатели с V-образным расположением рабочих цилиндров и с частотой вращения коленчатого вала 1500 ... 2000 мин⁻¹.

Рабочий ход одновременно совершается в одном, двух или трех цилиндрах, в то время как в остальных выполняются другие такты цикла.

Работа, совершаемая двигателем внутреннего сгорания, зависит от размеров цилиндров, их числа и от количества одновременно впрыскиваемого топлива и засасываемого воздуха, необходимого для полного сгорания топлива. Для повышения мощности дизеля при тех же размерах и числе цилиндров используют наддув, т. е. подачу воздуха в цилиндры под давлением, создаваемым центробежным компрессором. При этом мощность дизеля возрастает на 40 ... 50 %, а удельный расход топлива снижается на 10 ... 20 %.

Мощность дизеля

$$N = N_H p T_0 / (p_0 T), \quad (5.1)$$

где N_H — номинальная мощность дизеля при стандартных условиях (стандартными условия считают температуру воздуха $T_0 = 288,5^\circ\text{K}$ и барометрическое давление $p_0 = 101,5$ кПа), кВт; p и T — соответственно, барометрическое давление, кПа, и температура воздуха, $^\circ\text{K}$, для данных условий.

Мощность, развиваемая дизелем, уменьшается с повышением температуры (из-за повышения температуры охлаждающей жидкости) и с понижением давления (из-за недостаточной зарядки цилиндров воздухом и ухудшения охлаждения).

Дизельные двигатели экономичны и работают на дешевом топливе, поэтому предпочтительны для карьерных автосамосвалов.

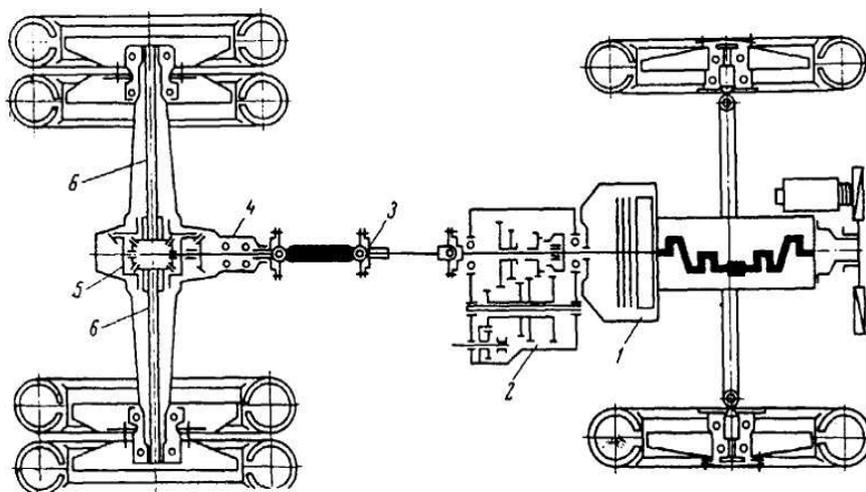
Для машин большой грузоподъемности требуются мощные дизели при незначительном увеличении их массы. С этой целью необходимо

повышение частоты вращения коленчатого вала и давления турбонаддува.

Газотурбинные двигатели (ГТД) для самосвалов особо большой грузоподъемности обладают высокой надежностью, в четыре раза большим ресурсом, меньшими размерами и массой, чем соответствующие дизельные двигатели, они способны работать на любом виде топлива, имеют хорошие пусковые качества при низких температурах (до -50°C). Вместе с тем они более дорогие и имеют значительно меньший коэффициент полезного действия.

Трансмиссия (передача). Система механизмов автосамосвала, служащая для передачи вращающего момента от коленчатого вала дизеля к ведущим колесам, называется трансмиссией. Различают механические (МП), гидромеханические (ГМП) и электромеханические (ЭМП) передачи.

Механическая трансмиссия предусмотрена на автосамосвалах МАЗ-5549, КрАЗ-6505 и др. (рис. 5.2).



*1 — сцепление; 2 — коробка передач; 3 — карданная передача;
4 — главная передача; 5 — дифференциал; 6 — полуоси*

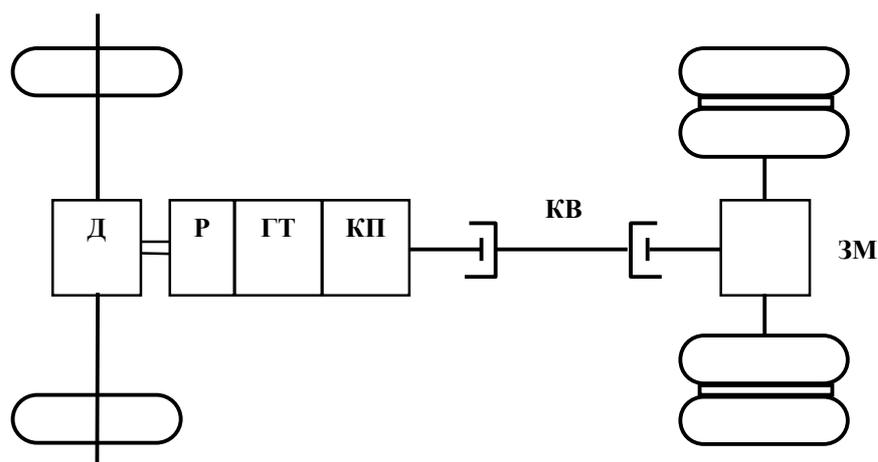
Рисунок 5.2 — Конструктивная схема механической трансмиссии автосамосвала

От сцепления 1 крутящий момент подводится к коробке передач 2. От коробки передач момент передается к карданной передаче 3, состоящей из карданного вала и двух карданов. Далее момент

подводится к главной передаче 4, расположенной в картере задней оси. С помощью этой передачи и дифференциала 5 момент передается к двум полуосям 6, на концах которых закреплены ведущие колеса автомобиля.

Гидромеханическая трансмиссия обычно предусмотрена для автосамосвалов грузоподъемностью 20–60 т.

Гидромеханическая трансмиссия (рис. 5.3) состоит из гидромеханической передачи, в которую входят согласующий редуктор, гидротрансформатор — гидравлический редуктор, механическая коробка передач, тормоз-замедлитель карданной передачи и передачи заднего моста. Гидромеханическая трансмиссия позволяет рационально использовать мощность двигателя, обладает высокими преобразующими качествами, способствует повышению долговечности агрегатов и облегчает управление *автосамосвалом*.



Д — двигатель; *Р* — согласующий редуктор; *ГТ* — гидротрансформатор;
КП — коробка передач; *КВ* — карданный вал; *ЗМ* — задний мост

Рисунок 5.3 — Схема гидромеханической трансмиссии автосамосвала

Гидротрансформатор может работать в двух режимах: 1) в режиме гидротрансформатора (оба или один реактор заблокированы, момент на турбинном колесе M_T больше, чем на насосном M_H); 2) в режиме гидромуфты (реакторы разблокированы и увеличения крутящего момента не происходит).

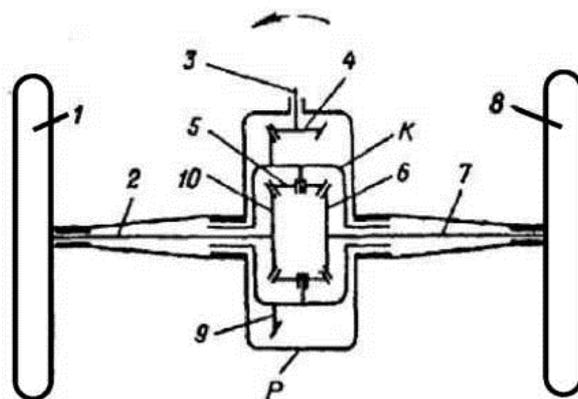
В зависимости от частоты вращения турбинного вала в ГМП блокировка и разблокировка гидротрансформатора происходит автоматически на всех ступенях. При движении по дороге с большим сопротивлением или при трогании с места частота вращения турбинного колеса n_T значительно меньше частоты вращения насосного колеса n_H .

С увеличением частоты вращения турбинного колеса уменьшается крутящий момент, создаваемый турбиной. В этом случае поток жидкости будет оказывать давление на обратную (выпуклую) сторону лопаток реактора, что расклинит сначала первый реактор, а затем второй и гидротрансформатор перейдет в режим гидромукфы.

Все гидромеханические передачи оборудуются гидродинамическим тормозом-замедлителем лопастного типа, который устанавливается на ведущем валу коробки передач и является вспомогательной тормозной системой, предназначенной для поддержания постоянной скорости при движении по уклону вниз.

Карданная передача вводится для передачи крутящего момента от одного агрегата к другому при их несоосном расположении.

Задний мост автосамосвалов с механической и гидромеханической трансмиссией представляет собой агрегат, состоящий из центрального редуктора, полуоси 2 двух колесных передач планетарного типа 7 и 5 (рис. 5.4).



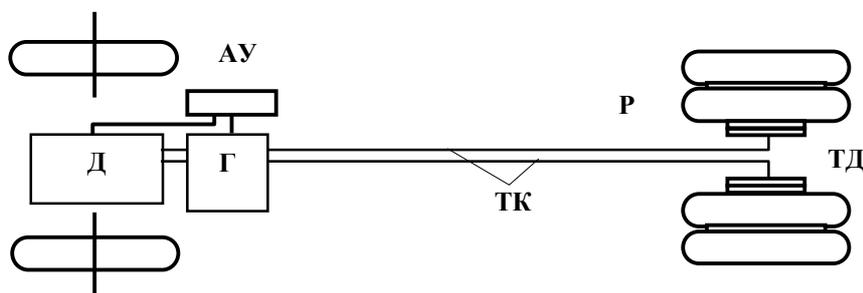
1, 8 — колесные передачи планетарного типа; 2, 7 — полуоси; 3 — карданный вал; 4, 9 — главная передача; 5, 6, 10 — межколесный дифференциал; К — корпус дифференциала; Р — центральный редуктор

Рисунок 5.4 — Схема заднего моста автосамосвалов с механической и гидромеханической трансмиссиями

Центральный редуктор представляет собой одноступенчатую передачу, связанную с дифференциальным редуктором, который изменяет на 90° направление крутящего момента, увеличивает и равномерно распределяет момент между ведущими колесами при различной частоте вращения (например, на повороте).

Колесные передачи планетарного типа располагаются в ступице задних колес и служат для увеличения крутящего момента на ведущем колесе.

Электромеханическая трансмиссия применяется обычно при грузоподъемности более 80 т. Электромеханическая трансмиссия состоит из дизель-генераторной установки, тяговых электродвигателей, механической передачи и аппаратуры управления тяговыми электродвигателями (рис. 5.5). На самосвалах распространена компоновка тягового электродвигателя и механической передачи (редуктора) в ступице заднего (ведущего) колеса, получившая название мотор-колеса (рис. 5.6).

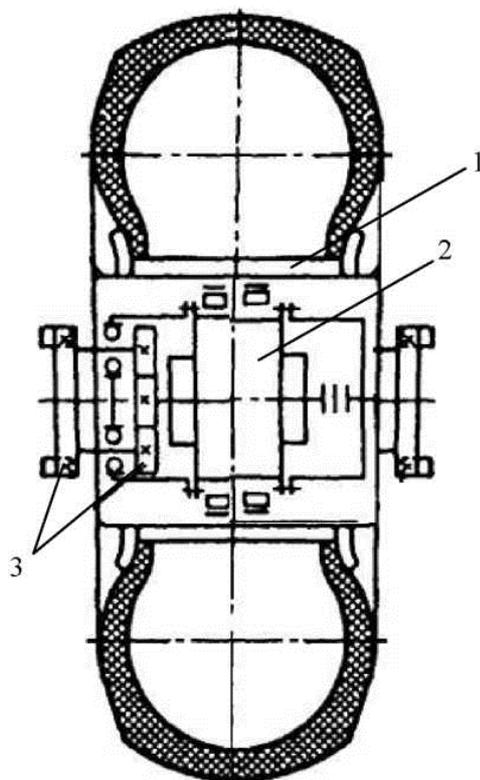


*Д — двигатель; Г — генератор; ТД — тяговый двигатель;
Р — редуктор; ТК — токоподводящие коммуникации;
АУ — аппараты регулирования и управления*

Рисунок 5.5 — Конструктивная схема электромеханической трансмиссии автосамосвала

Иногда те или иные элементы электромеханической системы частично выносятся из ступицы колеса для улучшения условий охлаждения. Электромотор-колесо крепится к картеру заднего моста (рычагу задней подвески на автомобилях с независимой задней подвеской).

Электрическая трансмиссия позволяет существенно упростить кинематическую схему автосамосвала по сравнению с механической и гидромеханической трансмиссиями.

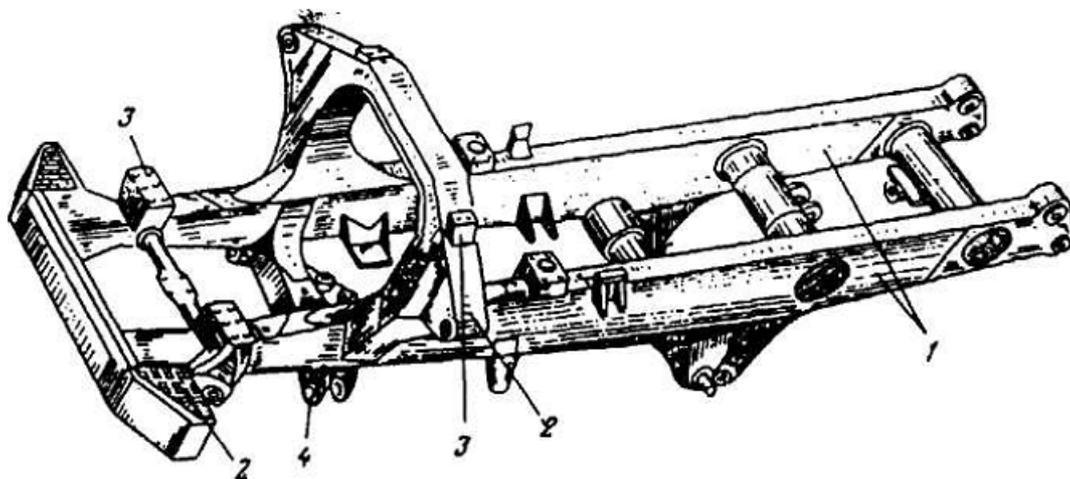


1 — ступица; 2 — тяговый двигатель; 3 — редуктор

Рисунок 5.6 — Схема мотор-колеса

Рама (рис. 5.7), является «позвоночником» автосамосвала, обеспечивающим ему требуемую жесткость и прочность, состоит из двух продольных балок коробчатого сечения (лонжеронов) 1, связанных между собой поперечинами 2. Кронштейны 3 и проушины 4 служат для крепления к раме подвески, картера рулевого управления, двигателя, кабины, цилиндров опрокидывающего механизма, подвески и кузова.

Кузов автосамосвала должен быть прочным, выдерживать огромные ударные нагрузки при загрузке крупнокусковой горной массы и одновременно по возможности достаточно легким. Поэтому кузов изготавливается из высокопрочной листовой стали и усиливается лонжеронами и контрфорсами коробчатого сечения.



1 — лонжероны; 2 — поперечины; 3 — кронштейны; 4 — проушины

Рисунок 5.7 — Рама автосамосвала

Подвеска представляет собой совокупность механизмов, соединяющих полуоси автосамосвала с рамой и уменьшающих динамические нагрузки при движении автосамосвала. Качество подвески определяет плавность хода.

На самосвалах малой грузоподъемности получила распространение подвеска, состоящая из листовых рессор. Для уменьшения колебаний в подвеске передней оси дополнительно устанавливают гидравлические амортизаторы, а в подвеске задней оси — дополнительный «подрессорник», который включается при увеличении нагрузки.

Требованиям эффективно гасить продольные и поперечные колебания у машин наиболее полно удовлетворяет пневмогидравлическая подвеска, в конструкции которой пневматическая рессора поршневого типа объединена с гидравлическим амортизатором в одном узле — пневмогидравлическом цилиндре.

Рулевое управление служит для обеспечения направленного движения автомобиля и включает в себя рулевой механизм, гидроусилитель и рулевой привод. В большегрузных автосамосвалах гидравлические усилители рулевого привода значительно уменьшают усилие, необходимое для вращения рулевого колеса.

Тормозная система состоит из рабочих колодочных тормозов барабанного типа, установленных на всех колесах, и стояночного тормоза, размещенного на выходном валу коробки передач. На большегрузных

самосвалах Белорусского автозавода имеется еще и дополнительный тормоз-замедлитель (гидравлический или электрический), установленный в коробке передач.

Пользоваться стояночным тормозом для рабочего торможения не рекомендуется, так как при этом он быстро изнашивается.

Дополнительный тормоз-замедлитель служит для поддержания скорости в определенных пределах, например, при затяжных спусках.

5.4 Основные параметры автосамосвала

Основными параметрами карьерных автомобилей являются грузоподъемность, собственная масса машины, коэффициент тары, мощность двигателя, колесная формула, вместимость кузова и габариты.

Грузоподъемность q , т, — это наибольшая допустимая к перевозке автомобилем масса груза.

Грузоподъемность современных отечественных автосамосвалов достигает 200 т.

Масса тары q_T , т, — это собственная масса машины. Снижение собственной массы при сохранении требуемой прочности — одна из основных задач, так как при этом уменьшается расход топлива на движение.

Коэффициент тары представляет собой отношение массы тары к грузоподъемности ($K_T = q_T/q$).

Мощность двигателя определяет тягово-эксплуатационные свойства автомобиля и должна быть согласована с его грузоподъемностью, конструктивной скоростью и типом трансмиссии (передачи).

В рабочем режиме мощность двигателя реализуется в полной мере, как правило, только на одном участке — при движении груженого автомобиля на подъем. На остальных участках скорость определяется зачастую только дорожными условиями и безопасностью движения.

Рациональная величина мощности карьерных автомобилей устанавливается путем технико-экономического анализа, так как

увеличение мощности обуславливает повышение скорости движения, а, следовательно, производительности, но увеличивает стоимость автомобиля и расход топлива.

Удельная мощность (мощность, отнесенная к массе груженого автомобиля) для машин грузоподъемностью 27 ... 40 т составляет 5,5 ... 6,2 кВт/т, а для машин грузоподъемностью 75 ... 180 т — 4,8 ... 5,1 кВт/т.

Колесная формула — это цифровое обозначение общего числа колес автомобиля (первая цифра) и число ведущих колес (вторая цифра).

Для автосамосвалов характерны колесные формулы 4×2, 4×4, 6×4, для автопоездов с прицепами — 6×4 и 6×2. Колесная формула определяет сцепную массу $M_{\text{сц}}$ (т) автомобиля, т. е. массу, приходящуюся на ведущие колеса.

Величина коэффициента сцепной массы

$$K_{\text{сц}} = M_{\text{сц}} / M,$$

где M — полная масса автомобиля, (т), для автосамосвала с грузом $M=q+q_{\text{т}}$, без груза $M=q_{\text{т}}$.

Для автомобилей с колесной формулой 4×2, 4×4, 6×2, 6×4 $K_{\text{сц}}$ равен, соответственно, 0,65; 1,0; 0,4; 0,7.

Вместимость кузова автомобиля должна быть подобрана так, чтобы при нормальной загрузке его грузоподъемность была полностью использована, т. е. должно выполняться равенство:

$$q = V_{\text{ф}} \gamma_{\text{р}}, \quad (5.2)$$

где $V_{\text{ф}}$ — фактический объем горной массы в кузове, м^3 ; $\gamma_{\text{р}}$ — насыпная плотность транспортируемой горной массы, $\text{т}/\text{м}^3$.

Фактический объем горной массы в кузове определяется геометрической вместимостью последнего $V_{\text{Г}}$ (м^3) и коэффициентом наполнения $K_{\text{Н}}''$:

$$V_{\text{ф}} = K_{\text{Н}}'' V_{\text{Г}}. \quad (5.3)$$

Коэффициент наполнения зависит от формы кузова и составляет для карьерных самосвалов не более 1,2 ... 1,3.

Плотность горных пород характеризуется широким диапазоном значений, поэтому полное использование грузоподъемности возможно лишь при кузовах различной вместимости.

Габаритами автомобиля являются следующие размеры: полная длина L_a , ширина B , высота по козырьку кузова H_k , высота с поднятым кузовом H_p , погрузочная высота H_n и база автомобиля L_B . Эти значения определяют параметры дорог, службы технического обслуживания и ремонта, характер сочетания с погрузочными средствами, маневренность машины.

На карьерах основное распространение получили автосамосвалы. Некоторое применение имеют автопоезда.

Автосамосвал — автомобиль, имеющий мощную раму и расположенный на ней кузов, разгружающийся опрокидыванием назад (или набок).

Автопоезд — тягач с одним или несколькими полуприцепами или прицепами, разгружающимися через дно, опрокидыванием назад или набок.

Высокая маневренность, устойчивость, проходимость, возможность преодолевать большие затяжные подъемы, быстрота разгрузки обусловили преимущественное распространение автосамосвалов на карьерах страны и за рубежом.

5.5 Типы автомобилей

В соответствии с отечественным и зарубежным опытом автосамосвалы с механической передачей (МП) выпускаются, как правило, грузоподъемностью не более 25 т. Так, на карьерах малой и средней мощности получили распространение автосамосвалы с механической передачей Минского автозавода *МАЗ-5549* грузоподъемностью 8 т и геометрической вместимостью кузова $5,1 \text{ м}^3$. Двигатель автосамосвала — *ЯМЗ-236М/Д* имеет номинальную мощность

132,4 кВт. Характерной особенностью машины является ее мобильность, так как ее колесная формула 4×2. Автосамосвал может быть использован при погрузке экскаваторами вместимостью ковша до 1,5 м³.

Этим же заводом выпущены автосамосвал МА3-5516 грузоподъемностью 16 т, геометрической вместимостью кузова 10,5 м³ и мощностью двигателя 242,9 кВт, а так же его модификация МА3-55165 грузоподъемностью 15 т. Колесная формула таких машин 6×4, т. е. они менее мобильны, чем МА3-5549. Автосамосвалы могут быть использованы при работе с экскаваторами, имеющими объем ковша не более 3 м³.

Применяются на карьерах автосамосвалы Кременчугского автозавода КрАЗ-6510 грузоподъемностью 13,5 т, геометрической вместимостью кузова 8 м³ и мощностью двигателя 176,6 кВт, а также более мощная модификация КрАЗ-65055 грузоподъемностью 16 т при геометрической вместимости кузова 10 м³ и мощности двигателя (ЯМЗ-238Б) 220,8 кВт. Высокой проходимостью обладает модификация этого автосамосвала — КрАЗ-65032 грузоподъемностью 15 т, имеющая колесную формулу 6×6. Автосамосвалы применяются для работы с экскаваторами, вместимость ковша которых не превышает 3 м³.

Автосамосвал с гидромеханической передачей Могилевского автозавода (МоАЗ-7505) грузоподъемностью 23 т при геометрической вместимости кузова 15,5 м и мощности двигателя 243 кВт может быть использован для работы с экскаваторами, имеющими ковш вместимостью до 4 м³. Автосамосвал обладает высокой проходимостью (колесная формула 4×4), маневренностью и применяется на карьерах средней производительности с тяжелыми дорожными условиями.

Семейству большегрузных автосамосвалов, выпускаемых ПО «БелАЗ», свойственны маневренность, малые радиусы поворота и короткая база машины (колесная формула 4×2) при относительно большой грузоподъемности. Особенности их конструкции являются гидромеханические и электромеханические передачи, пневмогидравлическая подвеска, платформа ковшового типа, двухконтурные тормозные системы. Высокий уровень унификации основных узлов позволяет сокращать сроки ввода в эксплуатацию новых моделей, облегчить обслуживание, ремонт и снабжение запасными

частями. Автосамосвалы ПО «БелАЗ» хорошо зарекомендовали себя в тяжелых карьерных условиях при транспортировании тяжелых скальных грузов. Полное использование геометрической вместимости кузова достигается при перевозке грузов насыпной плотностью $\approx 2 \text{ т/м}^3$. Выпускаются модификации для перевозки угля, сланца и других сыпучих грузов с увеличенной вместимостью кузова, что обеспечивает более полное использование машины при транспортировании грузов с насыпной плотностью $1,25 \dots 1,3 \text{ т/м}^3$.

Для условий бездорожья (для грунтов с низкой несущей способностью) выпущен шарнирно-сочлененный автосамосвал БелАЗ-7528 грузоподъемностью 36 т ($V_T=16 \text{ м}^3$), мощностью двигателя 400 кВт. Колесная формула самосвала — 6×6. Максимальный подъем 68 %.

На базе автосамосвала БелАЗ-75191 ($q = 110 \text{ т}$) созданы образцы дизель-троллейбусов БелАЗ-75195, на которых дополнительно установлены два токоприемника ТТ-1 пантографного и штангового типа. Мощность дизеля составляет 860 кВт, мощность тягового генератора ГПА-600 ... 630 кВт, напряжение в контактной сети — 820 В.

В 1993 г. был выпущен 280-тонный самосвал БелАЗ-7550, который и сегодня остается одним из лидеров по грузоподъемности среди двухосных машин в мире. Мощность дизеля составляет 2600 кВт, колесная формула 4×4. Особенности конструкции: «мотор-колеса»; шарнирно-сочлененная рама; аппарат подвески, пневмогидравлические цилиндры которой соединены попарно-поперечным пневматическим балансиrom; вертикальное шарнирное сочленение передней и задней полурам, созданное из двух шаровых опор, одна из которых имеет регулируемую высоту.

Автосамосвалы с электромеханической передачей работают на карьерах с экскаваторами, имеющими вместимость ковша $12 \dots 20 \text{ м}^3$.

На карьерах страны получили широкое распространение автосамосвалы зарубежных фирм: «Камацу» — НД-1200 ($q = 120 \text{ т}$, $V_T = 46 \text{ м}^3$, $N_D=882,3 \text{ кВт}$, ЭМТ, колесная формула 4×2); НД-1600 ($q = 160 \text{ т}$, $V_T= 61 \text{ м}^3$, $N_D= 1176 \text{ кВт}$, ГМТ, колесная формула 4×2); «Катерпиллер» — Cat-785 ($q = 130 \text{ т}$, $V_T= 51 \text{ м}^3$, $N_D =1010 \text{ кВт}$, ГМТ, колесная формула 4×2) и др.

5.6 Основы теории движения автосамосвала

Сила тяги автомобиля.

На автосамосвал при движении действуют сила тяги, силы сопротивления движению и силы торможения.

Различают индикаторную, касательную и полезную силы тяги автомобиля.

Индикаторная сила тяги вырабатывается в цилиндрах дизельного двигателя и регулируется подачей топлива в цилиндры.

Касательная сила тяги регулируется на ободу ведущего колеса автомобиля передаточным отношением коробки передач (для автосамосвала с ГМТ) и током генератора (для автосамосвала с ЭМТ).

Полезная сила тяги реализуется на «крюке» (т. е. на лобовой поверхности) автомобиля. Она равна касательной силе тяги за вычетом потерь в трансмиссии и не регулируется.

Сила тяги автомобиля — искусственно извне создаваемая регулируемая сила, приложенная к центру колеса и направленная в сторону движения автомобиля.

Сила тяги F_T (Н) автосамосвала ограничивается мощностью источника энергии, мощностью двигателя и сцепной массой.

Сила тяги по мощности двигателя при заданной скорости движения v (км/ч)

$$F_T = 3600 N_{\text{дв}} \eta_{\text{тр}} \eta_{\text{ом}} / v, \text{ Н}, \quad (5.4)$$

где $N_{\text{дв}}$ — мощность двигателя (дизеля), кВт; $\eta_{\text{тр}}$ — КПД трансмиссии (при механической трансмиссии $\eta_{\text{тр}}=0,72 \dots 0,82$, при гидромеханической $\eta_{\text{тр}}= 0,7 \dots 0,72$, при электромеханической $\eta_{\text{тр}}=0,69 \dots 0,71$); $\eta_{\text{ом}}$ — коэффициент, учитывающий отбор мощности на вспомогательные устройства автомобиля, ($\eta_{\text{ом}}=0,85 \dots 0,88$).

Максимальная сила тяги, определяемая по условию сцепления ведущих колес автосамосвала с дорожным покрытием,

$$F_{T_{\text{max}}} = 10^3 \cdot g k_{\text{сц}} M \psi, \text{ Н}, \quad (5.5)$$

где $k_{\text{сц}}$ — коэффициент, учитывающий долю сцепного веса автомобиля в его общем весе; ψ — коэффициент сцепления колес с дорогой.

Суммарное сопротивление при установившемся движении автосамосвала

$$W = W_0 + W_B \pm W_i + W_R, \text{ Н}, \quad (5.6)$$

где W_0 , W_B , W_i и W_R — сопротивления движению: основное, в воздушной среде, от уклона и на криволинейных участках.

Суммарное сопротивление движению автосамосвала W рассчитывается на каждом участке трассы как в грузовом, так и в порожняковом направлениях.

Сила основного сопротивления движению автосамосвала

$$W_0 = w_0 M, \text{ Н}, \quad (5.7)$$

где w_0 — удельное основное сопротивление движению автосамосвала, Н/т.

Сила сопротивления от уклона автодороги

$$W_i = giM, \text{ Н}, \quad (5.8)$$

где i — уклон пути, ‰.

Сила сопротивления воздушной среды

$$W_B = \lambda_{\Pi} S_{\text{ЛП}} (v_a \pm v_B)^2, \text{ Н}, \quad (5.9)$$

где λ_{Π} — коэффициент обтекаемости автосамосвала, $\lambda_{\Pi} = 5,5 \dots 7,0$; $S_{\text{ЛП}}$ — площадь лобовой поверхности автосамосвала, м²; v_B — скорость движения воздуха; v_a — скорость движения автосамосвала при установившемся режиме, км/ч:

– при движении на подъем или по горизонтальному участку

$$v_a = 3600 \eta_{\text{тр}} \eta_{\text{ом}} N_{\text{дв}} / (w_i + gi)M, \quad (5.10)$$

– при движении на спуск $v_a = 30 \dots 40$ км/ч;

$N_{\text{дв}}$ — мощность двигателя, кВт.

Если алгебраическая сумма $(v_a \pm v_B) \leq 35$ км/ч, то сопротивлением воздушной среды в расчетах можно пренебречь.

Сила сопротивления на криволинейных участках автодороги с радиусом кривой $R \leq 70$ м

$$W_R = 300R(200 - R)/200, \text{ Н.} \quad (5.11)$$

При больших радиусах поворота

$$W_R = (0,05 \dots 0,08) W_i, \text{ Н.} \quad (5.12)$$

Тормозное усилие рабочих колодочных тормозов

$$B = 10^3 \varphi_k \Sigma K, \text{ Н,} \quad (5.13)$$

где ΣK — сумма усилий нажатия тормозных колодок K (кН), φ_k — расчетный коэффициент трения колодки о колесо.

Во избежание движения «юзом» должно выполняться условие

$$B \leq 10^3 Mg \psi_T, \quad (5.14)$$

где ψ_T — коэффициент сцепления, реализуемый при торможении, $\psi_T \approx (0,7 \dots 0,8) \psi$.

Тормозное усилие регулируется силой нажатия тормозной колодки на колесо.

Основное уравнение движения автомобиля.

Основное уравнение движения автомобиля выводится из условия, при котором сила тяги полностью расходуется на преодоление силы сопротивления движению.

Основное уравнение движения автосамосвала

$$F_T - W = aM_{\text{пр}}, \quad (5.15)$$

где $M_{\text{пр}}$ — приведенная масса автосамосвала,

$$M_{\text{пр}} = 10^3 \delta M, \text{ кг,} \quad (5.16)$$

δ — коэффициент, учитывающий инерцию вращающихся масс автомобиля; a — ускорение или замедление автосамосвала, м/с^2 .

Коэффициент инерции вращающихся масс автосамосвала зависит от типа автосамосвала и режима работы. Для автосамосвалов с гидромеханической передачей при движении с грузом $\delta_r = 1,03 \dots 1,01$, порожняком $\delta_{\text{п}} = 1,085 \dots 1,07$, с электромеханической передачей, соответственно, $\delta_r = 1,1$ и $\delta_{\text{пр}} = 1,18$.

Из выражения (5.15) с учетом (5.16) следует:

$$F_T - W = 10^3 \delta Ma. \quad (5.17)$$

Величина $10^3 \delta Ma$ представляет собой силу инерции W_j , тогда с учетом выражения (5.6)

$$F_T - W = W_j \text{ или } F_T = W_0 \pm W_i + W_R + W_B + W_j. \quad (5.18)$$

Отсюда после некоторых преобразований с учетом выражений (5.7), (5.8) получим

$$(F_T - W_B) / Mg = w_0 \pm i + w_R + 10^3 \delta a / g, \quad (5.19)$$

где $w_0 = W_0 / Mg$; $w_R = W_R / Mg$.

Величину $10^3 \delta a / g$ называют относительным ускорением и обозначают j .

Величину $F_T - W_B$ называют избыточной силой тяги, а величину $(F_T - W_B) / Mg$ — динамическим фактором D .

Таким образом, динамический фактор

$$D = (F_T - W_B) / Mg = w_0 \pm i + w_R + j. \quad (5.20)$$

При равномерном движении

$$D = w_0 \pm i + w_R. \quad (5.21)$$

При движении под уклон с работающим двигателем

$$D = w_0 - i + w_R + j. \quad (5.22)$$

– с выключенным двигателем (свободный выбег)

$$(-W_B) / Mg = w_0 \pm i + w_R + j.$$

При свободном выбеге относительное ускорение $j = \pm i - w_0 - w_R - W_B / Mg$ может быть как положительным, так и отрицательным, в зависимости от величины и знака уклона трассы.

Очевидно

$$F_T = DMg + W_B. \quad (5.23)$$

При движении с торможением

$$-B - W_B / (Mg) = w_0 \pm i + w_R + j.$$

Пренебрегая сопротивлением воздушной среды при торможении, с учетом выражения (5.14) для прямолинейного участка пути получим

$$-j = 10^3 \psi_T \pm i + w_0.$$

Динамический фактор ограничивается условием сцепления колес автосамосвала с дорогой:

$$D_{\max} \leq (F_{\max} - W_B) / Mg$$

или, если пренебречь сопротивлением воздушной среды,

$$D_{\max} \leq 10^3 k_c \psi_T.$$

Таким образом, в зависимости от режима движения возможны следующие различные частные случаи: равномерное движение на прямолинейном участке дороги; движение под уклон на прямолинейном участке с выключенным двигателем (выбег); движение при механическом или электродинамическом торможении.

Тяговый расчет автотранспорта.

При тяговых расчетах автотранспорта обосновывается тип автосамосвала, режимы его движения по различным участкам трассы и время движения.

При выборе автосамосвала руководствуются следующими соображениями.

При мощности карьера по горной массе менее 5 млн. т/год рациональное значение грузоподъемности автосамосвала составляет 10 ... 30 т, соответственно, при 5 ... 10 млн. т/год — 30 ... 65 т, при 10 ... 20 млн. т/год — 65 ... 100 т, а при мощности более 20 млн. т/год — более 100 т. При больших глубинах, расстояниях транспортирования и повышенных уклонах предпочтительнее машины с большей удельной мощностью и грузоподъемностью.

Вместе с тем необходимо учитывать, что как по прочности, так и по организационным соображениям в кузове автосамосвала должно поместиться не менее 4–6 ковшей экскаватора или погрузчика. Таким образом, параметры выбираемого автосамосвала должны соответствовать следующим условиям:

$$q \geq nK'_H V_{\text{Э}} \gamma_p, \quad (5.24)$$

$$V_{\Gamma} \geq nK'_H V_{\text{Э}} / K''_H, \quad (5.25)$$

где n — минимальное число ковшей, которое должно уместиться в кузове автосамосвала; K'_H — коэффициент наполнения ковша экскаватора (погрузчика); K''_H — коэффициент наполнения кузова автосамосвала, $K''_H < 1,25 \dots 1,3$.

По требующейся грузоподъемности и вместимости автосамосвала выбирают конкретный типоразмер машины.

Для суровых климатических условий следует ориентироваться на соответствующие модификации машин в северном исполнении. В том случае, когда примерно равноценными оказываются несколько (2–3) типов автосамосвалов, уточнение последнего производится или по минимуму уровня затрат или с учетом особенностей конкретного карьера, отрасли или страны.

Коэффициент использования грузоподъемности выбранного автосамосвала

$$K_q = K''_H \gamma_p V_{\Gamma} / q. \quad (5.26)$$

Коэффициент K_q не должен превышать 1,05.

В расчете применяется техническая скорость движения автосамосвала, равная отношению длины участка дороги ко времени его прохождения автомобилем. Величина технической скорости по различным участкам трассы определяется несколькими факторами: тяговой способностью автосамосвала (обычно на стационарных дорогах в направлении подъема), условиями безопасности при торможении (главным образом, на стационарных горизонтальных дорогах и в направлении спуска) и заносом машин (на криволинейных участках).

Кроме того, правилами технической эксплуатации автосамосвалов на открытых разработках скорость движения самосвалов в соответствии с категориями дорог ограничивается: на временных дорогах она равна 15 ... 25 км/ч, а на стационарных — 40 ... 50 км/ч.

Техническая скорость v_i на каждом i -м участке трассы определяется по динамическим или тяговым характеристикам соответствующего

автосамосвала. Значения динамического фактора D или силы тяги F_T рассчитывают при равномерном движении (правило установившихся скоростей).

Графическая зависимость силы тяги от скорости движения автосамосвала называется его тяговой характеристикой. В современных методиках тяговых расчетов автотранспорта пользуются тягово-динамическими характеристиками (рис. 5.8). Сначала по известной массе автосамосвала и значению динамического фактора (точка A) определяют рабочую точку (точка B) на тяговой характеристике, а затем — значения скорости (точка C) и силы тяги (точка D) автомобиля.

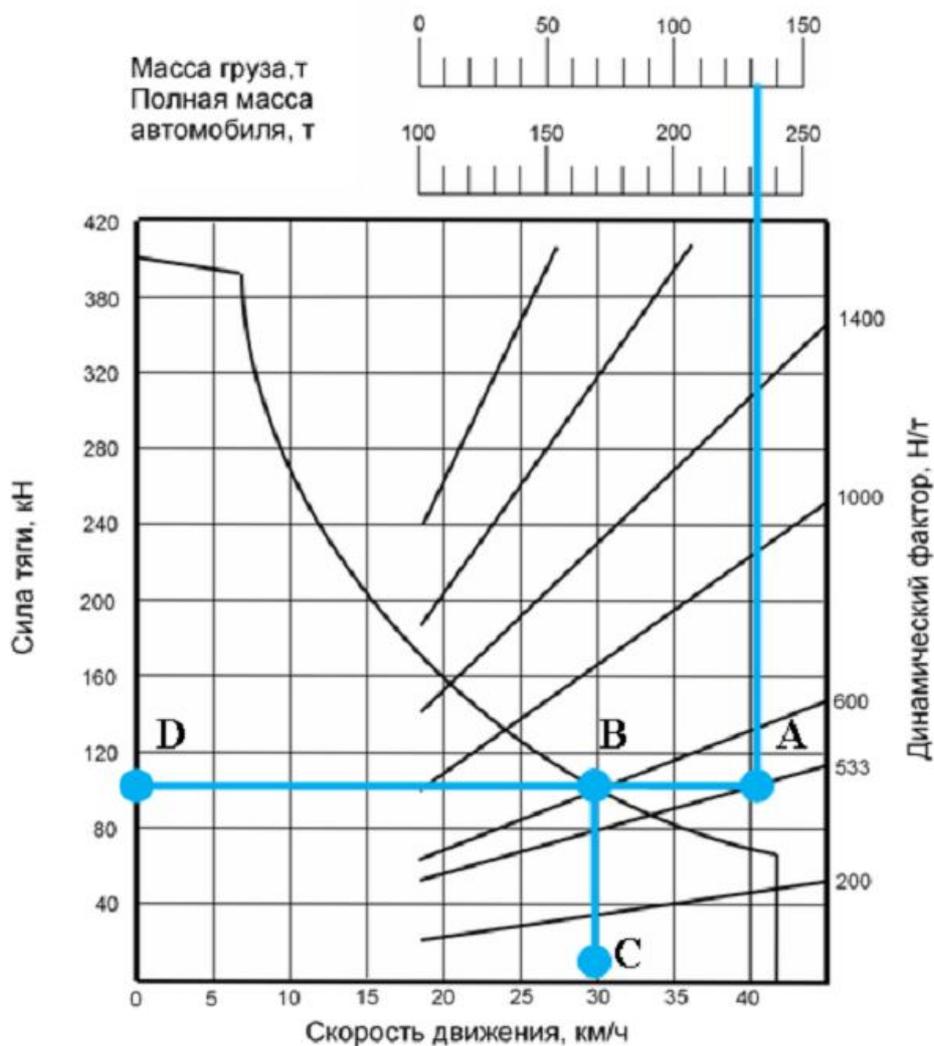


Рисунок 5.8 — Тягово-динамическая характеристика автомобиля

Если используется динамическая характеристика автомобиля, то значение силы тяги устанавливается по формуле (5.23).

Скорость по безопасности при торможении $v_{i \min}$ должна обеспечить остановку автомобиля на длине пути, не превышающем расстояние видимости L_B (м) для данных условий эксплуатации.

Экстренное (аварийное) торможение производится фрикционными тормозами. При торможении с отключенным от трансмиссии двигателем движущей силой является сила инерции.

Автомобиль обладает кинетической энергией, изменение которой на пути торможения до нуля равно сумме работ на этом пути сил сопротивления и тормозного усилия B , Н, т. е.

$$10^3 M_a \delta v^2 / (2 \cdot 3,6^2) = (W_o \pm W_i + B)L_{д.т}, \quad (5.27)$$

где $L_{д.т}$ — действительный путь торможения.

После преобразований имеем

$$L_{д.т} = 3,98 v^2 \delta (w_o \pm i + 10^3 \psi_T). \quad (5.28)$$

Полный путь торможения

$$L_T = L_{р.в} + L_{д.т}, \quad (5.29)$$

где $L_{р.в}$ — путь (м), проходимый автомобилем за время реакции водителя t_p , составляющее 0,6 ... 0,7 с, $L_{р.в} = 0,278 v t_p$.

Полный тормозной путь для автосамосвалов, как правило, не лимитируется, но он должен быть меньше расстояния видимости L_B в данной местности не менее чем на длину машины l_M (м), т. е.

$$L_B \leq L_T + l_M. \quad (5.30)$$

Из условия (5.30) определяют скорость автосамосвала, допустимую по условию безопасности по торможению.

Расстояние видимости принимают в пределах 30 ... 60 м в зависимости от климатических и горно-геологических условий. При $L_B < 20$ м движение запрещается (метели, бураны, туманы).

Кроме механической системы торможения автосамосвала, используемой для служебного и экстренного торможения, имеется еще

и вспомогательное (служебное) торможение, применяемое для поддержания равномерной скорости на спусках.

При расчете параметров вспомогательной тормозной системы стремятся обеспечить при экстренном торможении минимальный тормозной путь.

Для определения скоростей движения, обеспечиваемых тормозами-замедлителями, пользуются тормозными характеристиками автосамосвалов (рис. 5.9). Отложив на верхней горизонтальной оси массу перевозимого груза (точка A), проводим вертикальную прямую до луча, соответствующего общему удельному сопротивлению (точка B). Далее через точку B проводим горизонтальную прямую до пересечения с тормозными характеристиками (точки C_1 и C_2). Соответствующие этим точкам скорости D_1 и D_2 обуславливают диапазон безопасных скоростей, с которым должно быть согласовано значение скорости, полученное по условию (5.29).

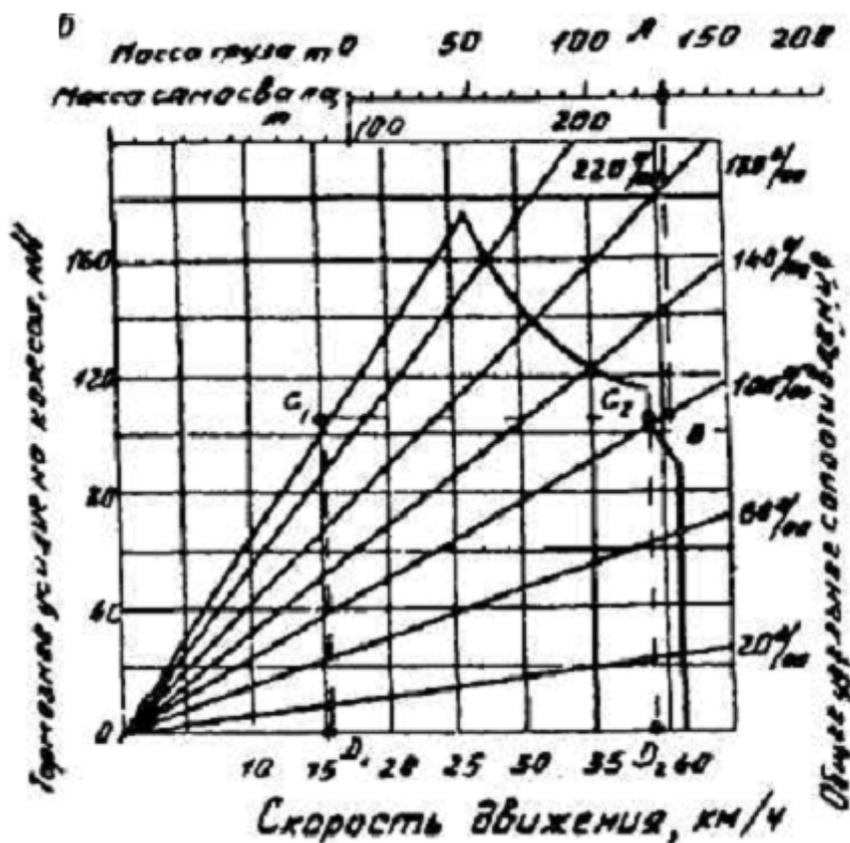


Рисунок 5.9 — Тормозные характеристики автосамосвала БелАЗ-7513

Для машин с гидромеханической трансмиссией имеем одно значение скорости (точка D), которая должна быть меньше максимального значения, полученного по условию (5.29).

Далее принятую скорость проверяют на возможность заноса автомашины на поворотах v_{i3} по формуле

$$v_{i3} = 3,9\sqrt{Rg(f_{\text{ск}} \pm i_{\text{в}})}, \quad (5.31)$$

где $f_{\text{ск}}$ — коэффициент бокового скольжения, $f_{\text{ск}} = 0,3 \dots 0,45$; $i_{\text{в}}$ — поперечный уклон виража, $i_{\text{в}} = 0,02 \dots 0,06$.

Фактические скорости движения автосамосвалов всегда несколько меньше расчетных, поэтому их необходимо скорректировать расчетным коэффициентом $K_{\text{ск}}$:

$$v_{i\phi} = K_{\text{ск}} v_i. \quad (5.32)$$

Расход топлива автосамосвалом за один рейс определяется с учетом состояния дорожного покрытия, расстояния транспортирования и высоты подъема груза, теплотворной способности дизельного топлива.

5.7 Основы эксплуатации автотранспортных средств

На горных предприятиях работа автотранспорта организуется по замкнутому и открытому циклам.

При замкнутом цикле автосамосвал направляется к одному и тому же экскаватору в течение всей смены. Эти системы применяются на предприятиях, имеющих невысокую производительность.

При открытом цикле (рис. 5.10) автосамосвал направляется к свободному в данный момент экскаватору. Наиболее известна в нашей стране автоматизированная система управления «Карьер», основу которой составляют средства GPS.

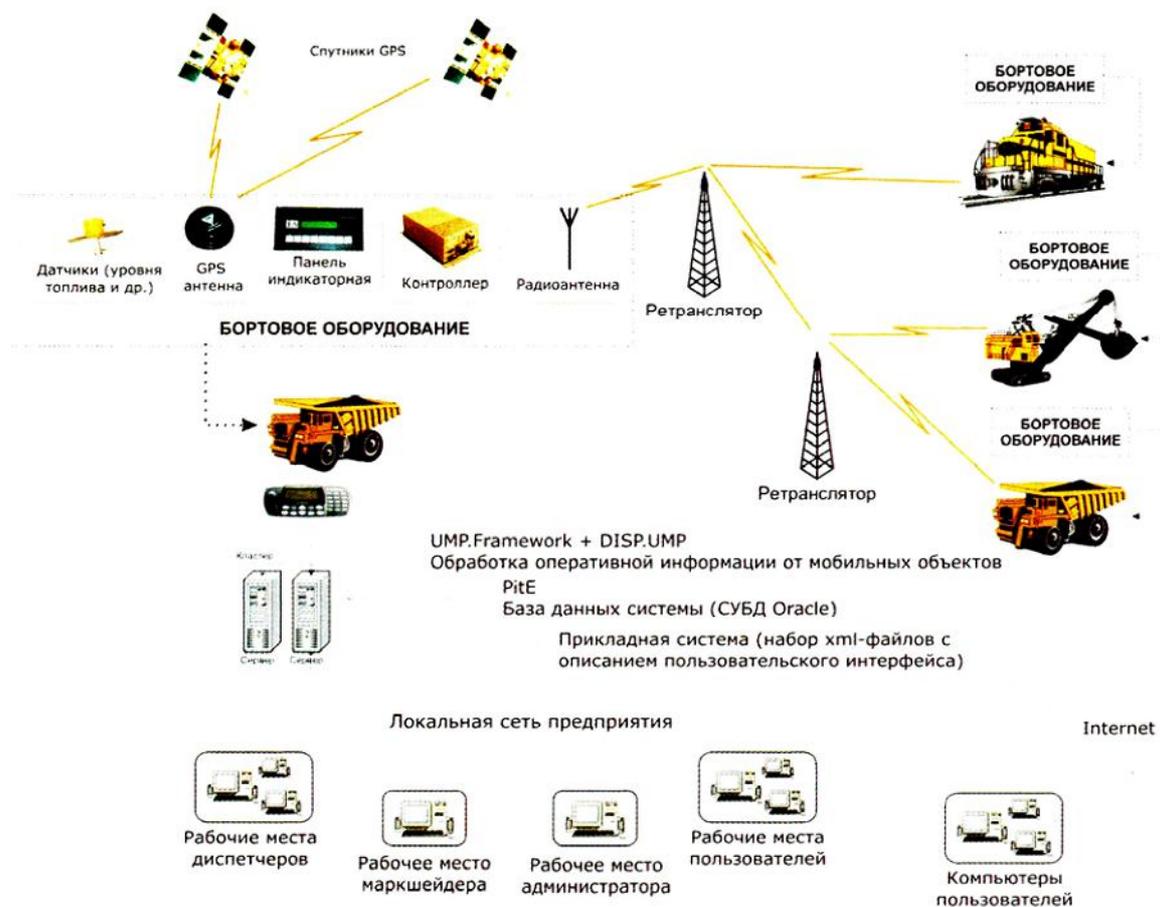


Рисунок 5.10 — Система управления работой автотранспорта при открытом цикле

Эксплуатационный расчет.

При эксплуатационных расчетах устанавливается: полное время цикла (рейса) самосвала, его производительность, расход энергии, а также необходимый для обеспечения заданного грузооборота парк машин.

Время рейса (оборота) автосамосвала

$$T_p = t_{\text{п}} + t_{\text{дв}} + t_{\text{р}} + t_{\text{доп}}, \quad (5.33)$$

где $t_{\text{п}}$ — время погрузки; $t_{\text{дв}}$ — время движения; $t_{\text{р}}$ — время разгрузки; $t_{\text{доп}}$ — дополнительное время на маневры, мин.

Время погрузки автосамосвала $t_{\text{п}}$

$$t_{\text{п}} = q t_{\text{ц}} n / (K_{\text{н}} V_{\text{э}} \gamma_{\text{р}}) \text{ при } \gamma_{\text{р}} > q / V_{\text{Г}};$$

$$t_{\text{п}} = K_{\text{H}}'' V_{\Gamma} \cdot t_{\text{ц}} n / (K_{\text{H}}' V_{\text{Э}}) \text{ при } \gamma_{\text{p}} < q / V_{\Gamma},$$

где $t_{\text{ц}}$ — время экскавации одного ковша, мин.

Время движения автосамосвала в грузовом и порожнем направлениях

$$t_{\text{дв}} = 60 \sum (l_i / v_i). \quad (5.34)$$

Время разгрузки самосвала $t_{\text{р}}$ представляет собой сумму времени, затрачиваемого на операции подъема и опускания кузова, каждая из которых составляет 18 ... 23 с в зависимости от типа автосамосвала. На практике время разгрузки автосамосвалов грузоподъемностью менее 42 т составляет около 1 мин, большей грузоподъемностью — 1,2 мин.

Дополнительное время на маневровые операции $t_{\text{доп}}$ складывается, как правило, из времени маневров при подъезде и установке на погрузку и разгрузку.

Время на маневры при различных схемах подъезда (рис. 5.11) составляет:

- при загрузке сквозной — 10 с;
- петлевой — 20 ... 25 с;
- тупиковой — 50 ... 60 с;
- при разгрузке — 80 ... 100 с.

Обычно $t_{\text{доп}}$ не превышает 5 ... 10 % времени рейса.

Эксплуатационная (сменная) производительность автосамосвала, т/см,

$$Q_{\text{а.см}} = 30 T_{\text{см}} q K_q K_{\text{в}} / T_{\text{р}}, \quad (5.35)$$

где $T_{\text{см}}$ — продолжительность смены, ч; $K_{\text{в}}$ — коэффициент использования сменного времени, $K_{\text{в}} = 0,8$; K_q — коэффициент использования грузоподъемности.

Рабочий парк автосамосвалов

$$N_{\text{а.р}} = f Q_{\text{см}} / Q_{\text{а.см}}, \quad (5.36)$$

Если режим эксплуатации автосамосвала двухсменный, а режим работы карьера трехсменный, то инвентарный парк увеличивается на треть.

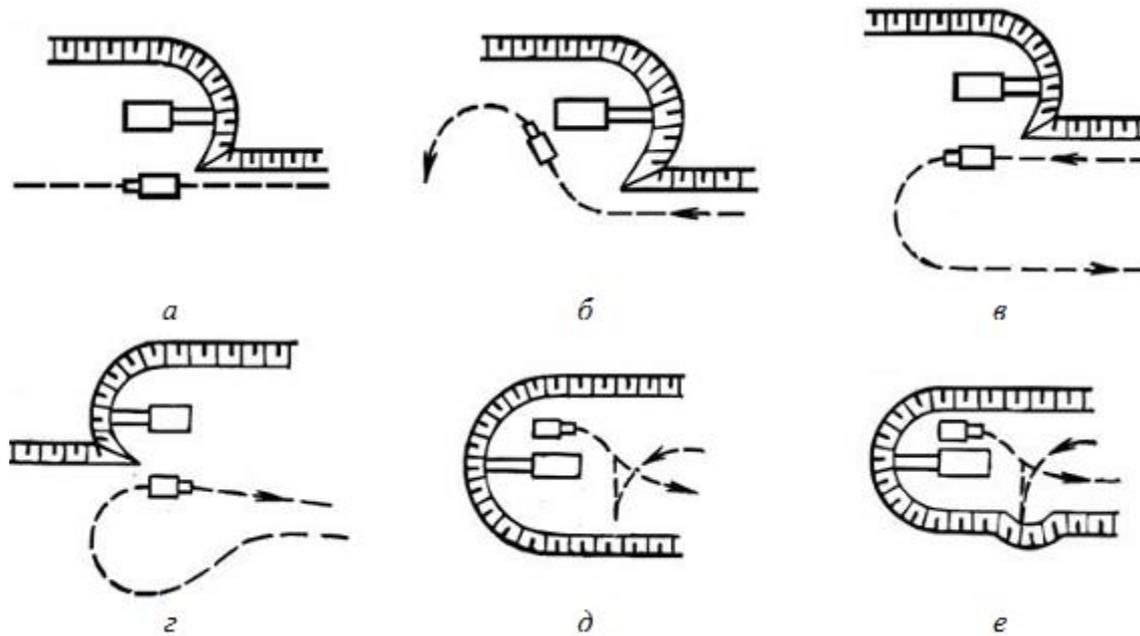


Рисунок 5.11 — Схемы подъезда автосамосвалов к экскаватору (а–е)

Работа A (Дж) по перемещению груза из глубинного карьера

$$A = (q + q_T)g(w_0 \sum l_i + H) + q_T g(\sum l_i - l_T)w_0, \quad (5.38)$$

а при перемещении из нагорного карьера

$$A = q_T g(w_0 \sum l_i + H) + (q + q_T)g(\sum l_i - l_T)w_0, \quad (5.39)$$

где H — высота подъема (спуска) груза, м; l_T — длина участков, на которых производится торможение автомобилей, км.

Тогда расчетный расход топлива с учетом того, что $1 \text{ ккал} = 4186,8 \text{ Дж}$,

$$A_p = A / 4189,8 q_{T.c} \cdot \eta_{дв}, \text{ л}, \quad (5.40)$$

где $q_{T.c}$ — удельная теплота сгорания дизельного топлива, ккал/л, $q_{T.c} = 10^4 \text{ ккал/л}$; $\eta_{дв}$ — КПД двигателя внутреннего сгорания и трансмиссии.

Фактический расход топлива (л)

$$A_{ф} = A_p \cdot K_3 \cdot K_H \cdot K_M, \quad (5.41)$$

где K_3 , K_H , K_M — коэффициенты, учитывающие повышение расхода топлива соответственно, в зимнее время, на внутригаражные нужды, на маневры, $K_3 = 1,1$; $K_H = 1,06$; $K_M = 1,05 \dots 1,1$.

Фактический расход дизельного топлива колеблется для машин грузоподъемностью 30 т от 100 до 240 л/100 км, грузоподъемностью 42 т — от 170 до 310 л/100 км, грузоподъемностью 80 т — от 320 до 710 л/100 км, грузоподъемностью 120 т — от 560 до 980 л/100 км, а грузоподъемностью 180 т — от 1200 до 1600 л/100 км. Значительная разница в данных объясняется разницей технического состояния машин и горнотехнических условий эксплуатации.

Расход смазочных материалов составляет 5 ... 8 % расходуемого топлива.

Контрольные вопросы

1. Какие требования предъявляются к автодорогам?
2. Какие применяются типы автодорог?
3. Какова классификация автодорог?
4. Какие максимальные продольные и поперечные уклоны допускаются для автодорог?
5. Какие существуют виды ремонта автодорог?
6. В чем заключается содержание автодорог?
7. Какие силы действуют на движущийся автомобиль?
8. Выведите основное уравнение движения автомобиля.
9. Из какого условия выводится основное уравнение движения автомобиля?
10. Какие режимы движения автосамосвала описываются уравнением движения?
11. Что такое динамический фактор автомобиля?
12. Что такое динамическая характеристика автомобиля? Как ею пользоваться?
13. От чего зависит коэффициент сцепления колеса с дорогой?
14. Как определить тормозной путь автомобиля?
15. От чего зависит расход топлива автосамосвала?
16. Назовите основные узлы автосамосвала.
17. Какие типы силовых передач автосамосвалов являются перспективными?
18. Какие типы тормозных систем применяются на карьерных автосамосвалах?

19. Из чего состоит подвижной состав карьерного автотранспорта?
20. Какие параметры карьерных автосамосвалов относятся к основным?
21. Что показывает колесная формула автомобиля?
22. В чем заключается принципиальное различие между прицепом и полуприцепом?
23. В чем заключается принципиальное различие между троллейвозом и дизель-троллейвозом?
24. Каковы рациональные области применения подвижного состава автотранспорта?
25. Какие типы автосамосвалов применяются в карьерах?
26. Какие основные требования предъявляются к кузову автосамосвала?
27. Как определяются рабочий и инвентарный парк автомобилей?
28. Что такое открытый цикл работы автосамосвала?

6 ШАХТНЫЕ ЛЕНТОЧНЫЕ КОНВЕЙЕРЫ

6.1 Общие сведения

Устройство и принцип работы конвейера отражены на рисунке 6.1.

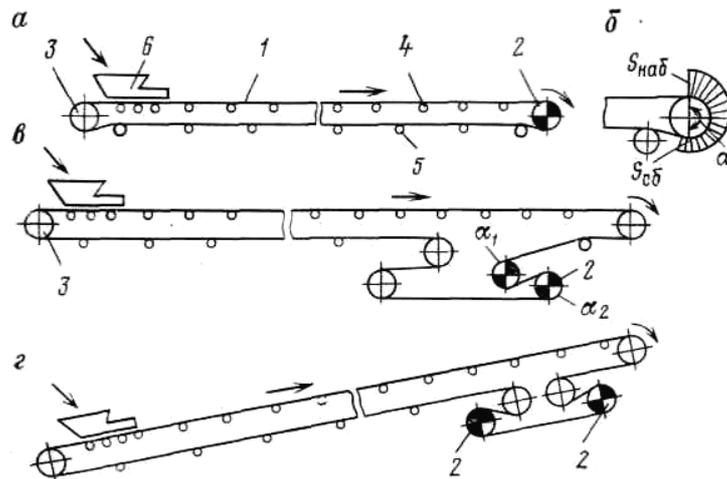


Рисунок 6.1 — Схемы ленточных конвейеров и их приводов

Замкнутая бесконечная лента 1 огибает головной приводной 2 и хвостовой натяжной 3 барабаны. Лента поддерживается по длине конвейера стационарными роликоопорами 4 и 5, причем расстояние между роликоопорами для верхней грузовой ветви в 2 ... 2,5 раза меньше, чем для нижней порожней ветви. Загрузка возможна практически в любой точке по длине конвейера. Обычно конвейеры загружаются в хвостовой части через загрузочную воронку 6, а разгружаются при сходе ленты с головного или разгрузочного барабана.

Способ перемещения груза — на конвейерной ленте, относительно которой груз неподвижен.

Тяговое усилие передается трением от привода конвейерной ленте, которая является одновременно тяговым и грузонесущим органом.

Классификация ленточных конвейеров:

— по назначению — на конвейеры общего назначения, подземные, для открытых разработок, специальные;

— по виду груза — для обыкновенных сыпучих грузов, для скальных крупнокусовых, грузолюдские;

– *по характеру трассы* — на конвейеры для горизонтальных и слабонаклонных выработок (от 0 до $\pm 7^\circ$), для наклонных выработок (от 0 до $\pm 22^\circ$), прямолинейные, криволинейные в профиле, криволинейные в плане;

– *по виду несущей ветви* — с верхней ветвью, нижней, обеими;

– *по расположению холостой ветви* — с нормальным расположением, с перевернутым, когда лента опирается на ролики чистой стороной;

– *по конструктивному исполнению* — на конвейеры с расположением рабочей и холостой ветвей ленты одна над другой и с параллельным расположением обеих ветвей.

Достоинства ленточных конвейеров:

– высокая не зависящая от расстояния транспортирования производительность, обусловленная непрерывностью процесса;

– возможность транспортирования как по горизонтали, так и под углом вверх или вниз;

– сравнительно небольшая энергоемкость и большая длина в одной установке;

– технологическая приспособленность к работе с автоматизированным управлением и низкая трудоемкость обслуживания (1–4 человека в смену);

– низкая трудоемкость изменения длины конвейера, особенно телескопического, и удобство сопряжения с оборудованием очистных и подготовительных выработок;

– высокая надежность;

– низкий уровень травматизма.

Недостатки:

– невозможность транспортирования обычной лентой при углах наклона более $18 \dots 20^\circ$ и при сильно искривленной трассе;

– сравнительно малый срок службы и высокая стоимость роликов и ленты;

– зависимость работы от климатических условий;

– необходимость дробления крупнокусового груза (до 500 мм);

– низкая технологическая гибкость (необходимость иметь параллельную транспортную систему для перевозки вспомогательных грузов);

– высокие требования к прямолинейности трассы в плане;

– высокие, но уменьшающиеся с ростом грузопотоков удельные капитальные затраты и эксплуатационные расходы при транспортировании на большие расстояния.

Область применения:

– при подземной разработке угольных месторождений с горизонтальными и пологими до 18° пластами средней мощности;

– на рудных шахтах — в наклонных стволах, куда руда поступает после предварительного дробления;

– на поверхности шахт и в качестве внутрифабричных транспортных средств на дробильно-сортировочных и обогатительных фабриках.

Факторами, ограничивающими использование ленточных конвейеров, являются: крупность транспортируемого груза (до 500 мм); требование прямолинейности трассы в плане, угол наклона трассы до $18 \dots 22^\circ$ в зависимости от свойств груза.

К специальным ленточным конвейерам принято относить крутонаклонные конвейеры, способные перемещать насыпные грузы по трассам с углами наклона свыше 22° , конвейеры для крупнокусковых грузов, крупность которых превышает 500 мм, конвейеры для изогнутых в плане трасс, ленточно-канатные и ленточно-цепные.

Принципы обозначения современных шахтных конвейеров: 1Л80У, 2ЛТ80У, 1Л100У и т. д., конвейеров, выпускаемых в Украине, 2ЛТ800, 1Л1000 и т. д., где Л означает ленточный, Т — телескопический, У — унифицированный, 80 и 100 — ширина ленты в см, 800 и 1000 — то же, но в мм, 1, 2, 3 — номер типоразмера.

6.2 Конструкция основных узлов

Основные составные части ленточного конвейера: лента, роликовый став, приводное устройство, натяжное устройство, загрузочное устройство. Кроме того, все конвейеры оборудуют аппаратурой управления и сигнализации, устройствами для очистки конвейерной ленты, а наклонные конвейеры тормозами, стопорами, устройствами для улавливания ленты при обрыве и другим вспомогательным оборудованием.

Конвейерная лента, используемая для современных подземных конвейеров, должна обладать высокой прочностью, износостойкостью и при использовании в угольных шахтах — негорючестью.

Применяются ленты резинотканевые, у которых сердечник состоит из нескольких слоев (прокладок) из специальной высокопрочной ткани и резинотросовые, в которых сердечник состоит из уложенных в один слой стальных тросов.

Ленты обладают высокой прочностью и малым относительным удлинением.

Конвейерный став предназначен для поддержания обеих ветвей конвейерной ленты, придания ей желобчатой формы и обеспечения ее устойчивого движения. Роликовый став состоит из опорных металлоконструкций или двух параллельно натянутых канатов, на которых монтируют роликоопоры. На подземных конвейерах грузовую ветвь обычно оборудуют трехроликовыми опорами с наклоном боковых роликов 30° . На холостой ветви используют одно-, двух-, а в современных конвейерах трехроликовые опоры. Форма сечения грузовой ветви определяется из соображений достижения наибольшей площади поперечного сечения груза и, соответственно, максимальной теоретической производительности. Желобчатая форма ленты повышает устойчивость ее движения. Это особенно важно для порожней ветви.

Типы *роликоопор*:

- жесткие с роликами, установленными на кронштейнах, смонтированных на поперечных планках;
- *подвесные* (гибкие) навешиваемые на канатный став.

Шаг установки роликоопор на грузовой ветви принимается в пределах 1000 ... 1200 мм, а на порожней — в 2 ... 3 раза большим.

Для предотвращения бокового схода конвейерной ленты, который может возникнуть в результате некачественной установки става или некачественного выполнения стыковых соединений конвейерной ленты, применяют центрирующие роликоопоры, устанавливаемые по всей длине става с шагом 20 ... 50 м.

Для снижения динамических нагрузок на конвейерную ленту в погрузочных пунктах устанавливают амортизирующие роликоопоры с роликами, снабженными резиновыми дисками и упругими амортизаторами в узлах подвески роликоопор к ставу.

Приводное устройство ленточного конвейера предназначено для создания необходимого тягового усилия и обеспечения заданной скоро-

сти движения ленты. Приводные устройства различают по способу передачи тягового усилия ленте: силой трения, сосредоточенной на приводном барабане или распределенной по длине става; с помощью электромагнитных (линейные асинхронные двигатели) или магнитных сил и др. Приводы трения наиболее распространены и различаются по числу приводных барабанов и схемам обводки их лентой, типу редуктора, тормозных устройств, числу двигателей и аппаратурой управления.

Приводная станция (рис. 6.2) включает в себя два отдельных блока, каждый из которых состоит из приводного 1 и отклоняющего 2 барабанов, огибаемых лентой 3. Приводной барабан 1 приводится от электродвигателя 4 через редуктор 6. Электродвигатель с редуктором соединен муфтой 5. На выходном валу редуктора установлен шкив колодочного тормоза 7, управляемого электромагнитным или электрогидравлическим приводом и служащего для затормаживания конвейера после свободного выбега. На промежуточном валу 8 смонтирован храповой останов 9, предотвращающий обратный ход ленты конвейера, загруженного и установленного под углом $\beta > 6^\circ$. Все основные узлы смонтированы на раме.

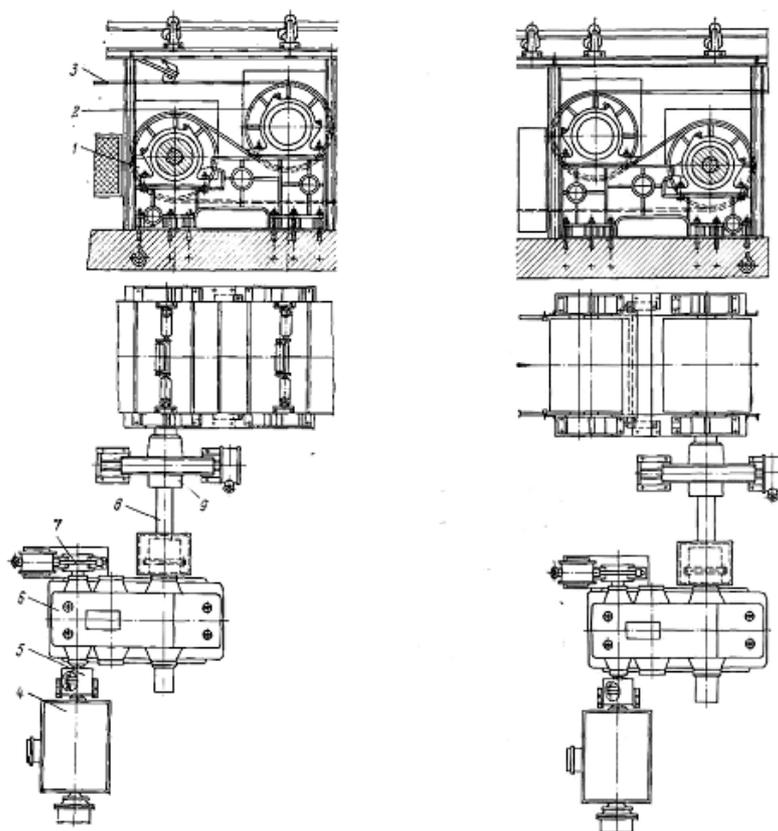


Рисунок 6.2 — Приводная станция ленточного конвейера 2Л120А

Двухбарабанные приводы с *S*-образной запасовкой ленты позволяют сконструировать компактное приводное устройство с вынесенным на консоли разгрузочным барабаном, что создает благоприятные условия для перегрузки транспортируемого материала на следующее транспортное устройство. Главным недостатком приводного устройства с *S*-образной запасовкой конвейерной ленты является то, что первый по ходу ленты приводной барабан взаимодействует с грузовой поверхностью ленты, и частицы материала, попадающие в зону контакта ленты с поверхностью барабана, снижают коэффициент сцепления. В приводах этого типа барабаны могут иметь индивидуальные двигатели или один общий. В последнем случае барабаны имеют жесткую или дифференциальную связь. Жесткая кинематическая связь барабанов вследствие разницы в натяжениях участков ленты, набегających на барабаны, а также возможного отличия (в пределах допуска) диаметров барабанов может привести к пробуксовке ленты на одном из барабанов. По этим причинам приводы, выполненные по такой схеме, используют для конвейеров мощностью до 100 кВт.

В конвейерах мощностью более 100 кВт, предназначенных для горизонтальных транспортных выработок, применяют приводные устройства со схемами запасовки, при которых конвейерная лента охватывает приводные барабаны только нерабочей («чистой») поверхностью.

Приводные барабаны конвейеров небольшой мощности имеют стальную обечайку, в мощных конвейерах поверхность приводных барабанов футеруются высокофрикционным эластичным материалом, чаще всего резиной. Иногда поверхность резиновой футеровки выполняют с канавками, расположенными елочкой со стреловидностью против хода конвейерной ленты. Такая футеровка обладает свойством самоочищения.

Приводные устройства мощностью до 100 кВт оборудуют асинхронными короткозамкнутыми электродвигателями. При большей мощности во избежание значительных динамических нагрузок в период пуска необходимо осуществлять постепенный разгон конвейерной ленты до номинальной скорости. В этих случаях используют короткозамкнутые асинхронные электродвигатели с пусковыми гидромuftами (до 100 кВт) или электродвигатели с фазовым ротором и соответствующей пусковой аппаратурой (свыше 100 кВт).

В последнее время разрабатываются электроприводы с тиристорными преобразователями, которые позволяют осуществлять глубокое регулирование скорости движения конвейерной ленты. Регулирование скорости в зависимости от поступающего на конвейер грузопотока с целью обеспечения постоянной загрузки конвейера позволяет уменьшить общее число пробегов конвейерной ленты при одинаковом количестве перевезенного груза, снизить коэффициент тары, энергоемкость транспортирования и тем самым повысить эффективность конвейерного транспорта.

Наклонные конвейеры для предотвращения обратного хода грузовой ленты оборудуют храповым остановом, который устанавливают на валу приводного барабана или на тихоходном валу редуктора.

Натяжные устройства предназначены для создания начального натяжения ленты, при котором обеспечивается передача тягового усилия приводными барабанами без пробуксовки и допустимая величина провеса ленты между роликами. Кроме того, с помощью натяжного устройства компенсируется остаточное удлинение ленты, появляющееся при длительной эксплуатации конвейера.

По принципу действия различают жесткие и автоматические натяжные устройства.

В жестких натяжных устройствах натяжение ленты осуществляют с помощью натяжного барабана, перемещение которого производят винтовыми, реечными механизмами или ручными лебедками. Эти натяжные устройства используют в конвейерах небольшой длины или в уклонных конвейерах, где не требуется создание больших начальных натяжений ленты.

На длинных подземных конвейерах применяют жесткие или автоматические натяжные устройства, оборудованные электрическими лебедками, снабженными гидравлическими датчиками, электроконтактными манометрами и системой управления.

Принципиальной особенностью работы жесткого натяжного устройства является неподвижность оси натяжного барабана после того, как было создано начальное натяжение.

Жесткие натяжные устройства с электрическим приводом устанавливают обычно на хвостовой секции (рис. 6.3).

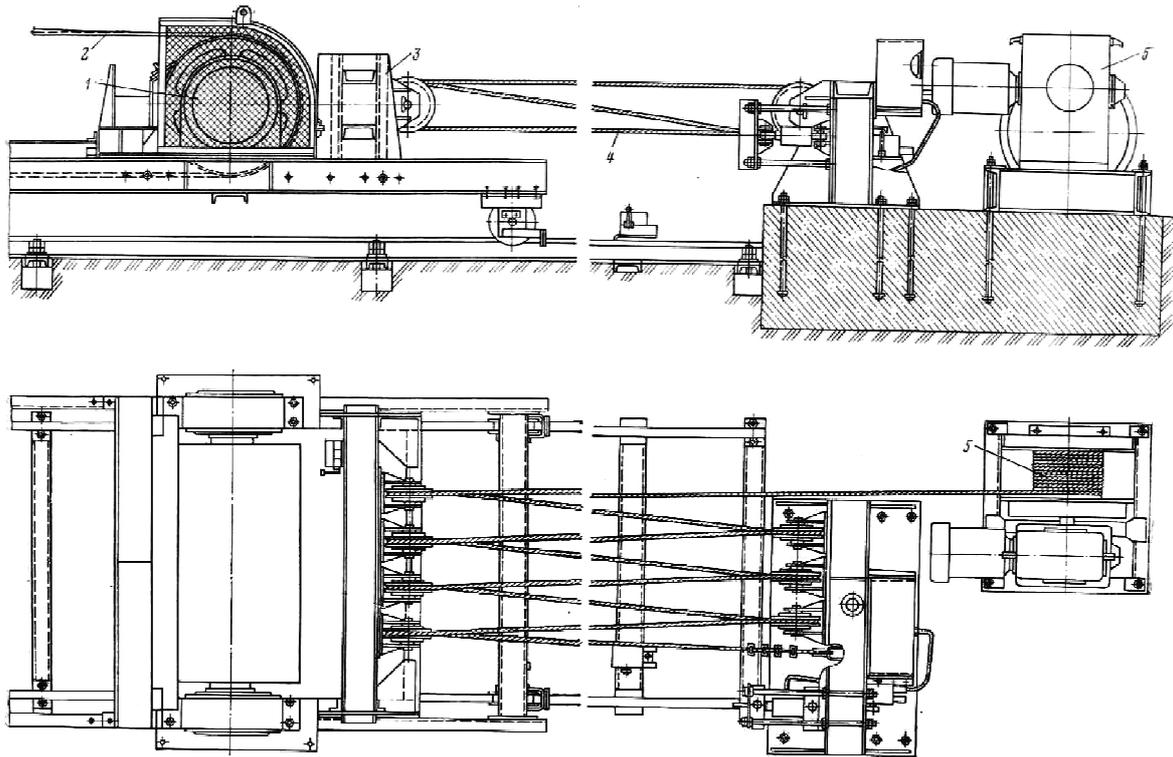


Рисунок 6.3 — Натяжная станция ленточного конвейера 2Л120А

Натяжная станция ленточного конвейера 2Л120А включает в себя: натяжной барабан 1, установленный на натяжной тележке 3, огибаемый лентой 2; канатную полиспастную систему 4, конец каната которой соединен с тележкой 3; электрическую лебедку 5. Периодическое подтягивание ленты производят при включении оператором электрической лебедки 5. Один из блоков полиспастной системы взаимодействует с датчиком визуального контроля натяжения ленты, который также обеспечивает блокировку конвейера от пуска при недостаточном предварительном натяжении ленты.

Загрузочные и перегрузочные устройства устанавливают в местах поступления груза на конвейер. Эти устройства должны обеспечивать равномерную подачу груза на ленту с минимальной высотой падения. Груз должен поступать на середину ленты со скоростью, по величине и направлению близкой к скорости ленты.

Наиболее простым и распространенным является погрузочное устройство в виде наклонного лотка криволинейной формы с колосниковым днищем, обеспечивающим подсев на ленту мелочи перед поступлением более крупных фракций. На конвейерах, транспортирую-

щих руду, колосниковые лотки целесообразно устанавливать на амортизирующих опорах, при этом вибрация, вызываемая падающими кусками груза, способствует лучшему прохождению грузопотока.

В местах погрузки под лентой устанавливают амортизирующие роликоопоры с шагом 0,4 ... 0,6 м.

В качестве загрузочных устройств ленточных конвейеров, перемещающих дробленую руду, используют различного типа питатели: ленточные, пластинчатые, качающиеся, вибрационные.

К вспомогательному оборудованию ленточных конвейеров принято относить очистные устройства и ловители конвейерных лент.

Очистные устройства предназначены для очистки ленты от остатков транспортируемого груза. Получили распространение очистные устройства в виде скребка из резины, прижимаемого к ленте или к поверхности барабана грузом или пружиной, в виде цилиндрических щеток со встречным по отношению к направлению движения ленты вращением. Применяют также вращающиеся очистные устройства в виде резиновой спирали.

Ни одно из известных очистных устройств не обеспечивает полной очистки ленты, поэтому в некоторых конвейерах с помощью специальных роликоопор применяют переворачивание порожней ветви конвейерной ленты. После чего лента контактирует с роликами только нерабочей поверхностью.

Ловители предназначены для удержания груженой конвейерной ленты от обратного хода при ее обрыве. Получили распространение ловители клинового типа. При прямом ходе клиновые захваты, в которые входят края конвейерной ленты, раздвинуты, а при обрыве и начале движения ленты в обратном направлении они сходятся и зажимают конвейерную ленту. Ловители устанавливают вдоль става конвейера через 40 ... 100 м.

Типы конвейеров. В настоящее время для доставки полезного ископаемого по выработкам угольных и рудных шахт разработан широкий ассортимент унифицированных ленточных конвейеров.

<p><i>Основным параметром, по которому произведена унификация конвейеров, принята ширина конвейерной ленты.</i></p>

Выпускаемые большими сериями подземные ленточные конвейеры имеют ширину конвейерной ленты 800, 1000 и 1200 мм. Подготовлены к выпуску конвейеры с лентой шириной 1600 мм.

В унифицированных ленточных конвейерах применена поблочная унификация приводных устройств.

Ленточные конвейеры 1Л80У, 2Л80У, 1ЛТ80У и 2ЛТ80У являются основными моделями, предназначенными для транспорта насыпных грузов по горизонтальным и наклонным выработкам (с углами наклона от -10 до $+10^\circ$), непосредственно примыкающим к очистным забоям. Эти модели конвейеров имеют одинаковый быстроразборный став с подвесными роlikоопорами. Став конвейера может устанавливаться на почве, а при необходимости подвешиваться к крепи выработки. Телескопические конвейеры применяют в комплексе со скребковыми перегружателями при обратной отработке столбов угольного пласта. По мере подвигания очистного забоя хвостовой барабан телескопического конвейера перемещается вместе со скребковым перегружателем специальными гидроцилиндрами. Образующаяся при этом слабина конвейерной ленты автоматически выбирается телескопическим устройством, представляющим собой систему отклоняющих барабанов в комплексе с натяжным барабаном, имеющим большой ход. По мере перемещения хвостового барабана телескопическое устройство поддерживает постоянное натяжение. После укорочения конвейера на 30 ... 45 м производят расстыковку конвейерной ленты и удаление отрезка длиной 60 ... 90 м, который сматывают в бухту и убирают. Натяжной барабан возвращают в исходное положение и ленту снова стыкуют. Затем цикл сокращения телескопического конвейера повторяется.

В выработках, примыкающих к высокопроизводительным очистным забоям, применяются конвейеры 1ЛТ100У.

Конвейеры с шириной ленты 1000 мм, собираемые в грузовом или грузопассажирском исполнении, применяются в сборных участковых и магистральных выработках.

Ленточные конвейеры с лентой шириной 1200 и 1600 мм предназначены для установки в капитальных выработках и наклонных стволах. Приводы этих конвейеров устанавливают в камерах или зданиях на спе-

циальных фундаментах. Конвейеры изготовляют как с жестким, так и с канатным ставом.

На марганцевых и калийных шахтах иногда используют конвейеры, выпускаемые Артемовским машиностроительным «Победа труда» и Сызранским турбостроительным заводами. Артемовский завод изготовляет конвейеры КЛШ500М, КЛ3500ПМА с лентой шириной 1000 мм и КЛШ800 с лентой шириной 1200 мм. Конвейеры имеют одно и двухбарабанные унифицированные приводы, канатный став и подвесные шарнирные роликоопоры. Конструктивной особенностью конвейеров КЛШ800 являются четырехроликовые опоры на грузовой ветви и двухроликовые на холостой.

Сызранский завод изготовляет стационарные ленточные конвейеры для наклонных стволов производительностью до 6000 т/ч. Приводные и натяжные устройства этих конвейеров монтируют на фундаментах. Приводные устройства собирают из унифицированных блоков, мощность которых достигает 1250 кВт.

Конвейеры сравнительно небольшой длины, которые устанавливают в конвейерных комплексах на шахтной поверхности, оборудуют, как правило, грузовыми натяжными устройствами. Металлоконструкции става собирают из секций, изготовленных из стального проката. На грузовой ветви используют трехроликовые опоры, а на порожняковой — однороликовые.

Ленточные перегружатели представляют собой короткие ленточные конвейеры, которые используют при проведении горных подготовительных выработок в качестве промежуточного транспортного звена между проходческим комбайном или погрузочной машиной и основным транспортом. Применение перегружателей обеспечивает непрерывность погрузки, благодаря возможности установки под стрелой перегружателя партии вагонеток (35 и более).

Перегружатели оборудуют колесным или колесно-рельсовым ходом. Стрелу подвешивают либо к монорельсу, по которому ее перемещают на роликах, либо к П-образным опорам.

6.3 Эксплуатационный расчет

В практике расчета ленточных конвейеров встречаются два типа задач:

- проверка соответствия параметров устанавливаемого конвейера условиям его эксплуатации (эксплуатационный расчет);
- выбор серийно выпускаемого конвейера, соответствующего условиям эксплуатации.

При решении задачи *первого типа* исходными данными являются: расчетная производительность Q_p (т/ч); v — скорость конвейера; насыпная плотность транспортируемого груза γ (т/м³); максимальная крупность транспортируемого груза a_{\max} (мм); угол естественного откоса груза на ленте при движении ρ'' , (град); необходимая длина конвейера L_k (м); средний угол наклона трассы конвейера β (град).

В результате расчета проверяют соответствие ширины ленты, ее прочности, мощности привода принятого конвейера условиям эксплуатации.

Порядок расчета следующий.

Ширина конвейерной ленты B (м), необходимая для обеспечения заданной производительности, должна удовлетворять условию:

$$B \geq 1,1(\sqrt{Q_p / C_n \gamma v} + 0,05),$$

где C_n — коэффициент формы сечения ленты.

Во избежание сваливания крупных кусков груза с ленты проверяют ширину ленты по крупности транспортируемого груза:

- для рядовых грузов $B \geq 2a_{\max} + 200$, мм;
- для сортированных грузов $B \geq 3,3a_{\max} + 200$, мм,

где a_{\max} — максимальный линейный размер наибольшего куска груза.

Приемлемой считают наибольшую ширину.

Для определения необходимой прочности ленты выполняют тяговый расчет ленточного конвейера методом обхода контура по точкам. Здесь же с применением аналитического или графоаналитического метода определяется минимальный уровень натяжений, при котором выполняются условия по отсутствию пробуксовки ленты на приводном барабане:

– в двигательном режиме

$$S_c > k_3 W_0 / (e^{\mu\alpha} - 1);$$

– в тормозном режиме (только для бремсберговых конвейеров)

$$S_H > k_3 |W_0| / (e^{\mu\alpha} - 1), \text{ или } S_c > k_3 |W_0| e^{\mu\alpha} / (e^{\mu\alpha} - 1),$$

где S_c , S_H , — усилия натяжения тягового органа в сбегающей с приводного барабана и в набегающей на него ветвях; k_3 — коэффициент запаса по пробуксовке; W_0 — тяговое усилие; $e^{\mu\alpha}$ — тяговый фактор.

Минимальный уровень натяжений, определяемый из условия допустимого провеса ленты с грузом между роlikоопорами,

$$S_{\min} \geq (5 \dots 10)(q + q_l)l'_p,$$

где q и q_l — погонный вес груза и ленты; l'_p — расстояние между роlikоопорами.

Максимальное натяжение ленты S_{\max} должно удовлетворять условию прочности

$$S_{\max} \leq S_p / m,$$

где S_p — разрывная прочность ленты; m — запас прочности ленты.

Потребляемая приводом мощность N (кВт):

– в двигательном режиме работы

$$N = (S_H - S_c)v / 10^3 \eta;$$

– в тормозном

$$N = (S_c - S_y)v\eta / 10^3,$$

где η — КПД привода.

При выборе электродвигателя значение N умножают на коэффициент запаса k_3 , который, обычно, принимается равным 1,2.

6.4 Выбор серийных конвейеров

При решении задачи *второго типа* исходными данными являются: $Q_{\max 1}$ — максимальный минутный грузопоток, поступающий на кон-

вейер, т/мин; $Q_э$ — эксплуатационная производительность, т/ч; $L_в$ — длина конвейерной трассы (выработки), м; β — средний угол наклона выработки, в которой устанавливается конвейер, град.

Выбирается конвейер, из его технической характеристики определяется приемная способность $Q_{пр.1}$ (т/мин). Вначале его длина принимается равной длине выработки, если это возможно по горнотехническим условиям.

Во избежание просыпания груза (проверка по приемной способности) должно выполняться условие

$$Q_{пр.1} \geq Q_{max.1}.$$

Далее определяется эксплуатационная производительность с учетом неравномерности поступающего грузопотока и длины конвейерной трассы, так как эти параметры определяют общую загрузку конвейера, а следовательно — прочность ленты и мощность привода.

Эксплуатационная производительность

$$Q_э = 60Q_{ср.1}k_t,$$

где $Q_{ср.1}$ — средний минутный грузопоток, т/мин,

$$Q_{ср.1} = A_{см} / 60T_{см}k_{п},$$

$A_{см}$ — количество груза, поступившего на конвейер за смену, т; $T_{см}$ — продолжительность смены, ч; $k_{п}$ — коэффициент, учитывающий фактическое время поступления груза на конвейер; k_t — расчетный коэффициент неравномерности грузопотока.

В частном случае коэффициент $k_{п}$ может быть равен коэффициенту машинного времени выемочной или погрузочной машины.

Значение коэффициента k_t зависит от продолжительности полной загрузки конвейера

$$t_k = L_k / 60v, \text{ мин}$$

и от минутного коэффициента неравномерности грузопотока

$$k_1 = Q_{max.1} / Q_{ср.1}.$$

Значения расчетного коэффициента неравномерности поступления грузопотока из очистного забоя угольной шахты определяются на основании средних и максимальных минутных грузопотоков, устанавливаемых расчетным путем, из таблиц или на основании хронометражных данных.

Максимальную длину L (м) ленточного конвейера в одном ставе, ограниченную по установленной мощности привода, можно определить по формуле

$$L = \frac{1000N_y\eta}{g[(Q/3,6v + 2q_{л} + q_{в} + q_{н})w\cos\beta + q\sin\beta]}, \quad (6.1)$$

где N_y — установленная мощность приводного электродвигателя, кВт; Q — техническая производительность конвейера, принимается $Q=Q_3$; $q, q_{л}, q_{в}, q_{н}$ — погонные массы, соответственно, груза, ленты, вращающихся масс роликов верхней и нижней ветвей, приведенные к ленте, кг/м; w — коэффициент сопротивления движению ленты с грузом.

Подставляя в формулу (6.1) конкретные значения величин, можно построить графики зависимости длины конвейера L от Q и β иначе, графики применимости конвейера. Графики, полученные для конвейера 1Л100, представлены на рисунке 6.4.

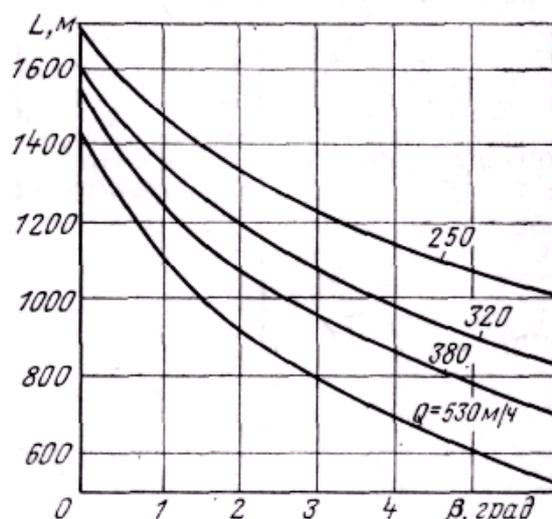


Рисунок 6.4 — Зависимость длины конвейера 1Л100 от угла его установки при различной производительности

Далее, пользуясь графиками применяемости, определяют допустимую длину конвейера L при данной мощности привода и расчетном значении технической производительности Q , которая принимается равной Q_3 .

Допустимая длина конвейера L (м) в одном ставе, исходя из разрывной прочности ленты S_p ,

$$L = \frac{S_p (e^{\mu\alpha} - 1)}{m e^{\mu\alpha} g [(q + 2q_{л} + q_{в} + q_{н}) w \cos\beta \pm q \sin\beta]}.$$

Если принятая допустимая длина конвейера оказывается меньше длины выработки, то в ней вместо одного конвейера следует применить несколько конвейеров данного типа или выбрать более мощный конвейер. Расчет необходимо продолжить до выполнения условия $L < L_B$.

6.5 Автоматизация ленточных конвейеров и конвейерных линий

Автоматизация отдельных конвейеров и конвейерных линий производится по двум основным схемам: дистанционное управление, при котором автоматизируются только пуск и остановка конвейера; автоматизированный контроль за работой конвейера и его элементов, при котором приводные двигатели автоматически отключаются при нарушении режима работы конвейера или его отдельных элементов.

Согласно правилам безопасной эксплуатации к аппаратуре автоматизированного или дистанционного управления предъявляются следующие основные требования:

- обеспечение подачи предупредительного сигнала длительностью не менее 5 с;
- включение конвейеров в линию в последовательности, обратной направлению грузопотока, и обеспечение пуска последующего конвейера (против грузопотока) после разгона предыдущего;
- автоматическое одновременное отключение всех конвейеров в линии, транспортирующих груз на вышедший из строя конвейер;
- невозможность повторного включения неисправного конвейера при срабатывании электрических защит электродвигателя и механической части конвейера;

– отключение привода из любой точки по длине конвейера и наличие местной блокировки, предотвращающей пуск данного конвейера с пульта управления;

– возможность перехода на местное ручное управление приводами отдельных конвейеров при ремонте, осмотре и регулировании.

Аварийное отключение привода конвейера должно осуществляться при обрыве ленты, затянувшемся пуске, снижении скорости ленты до 75 % от номинальной, завале перегрузочного пункта и т. д.

Между пультом управления, местом расположения приводов конвейера и пунктами загрузки конвейерной линии должна быть двухсторонняя телефонная связь или кодовая сигнализация.

Для шахтных ленточных конвейеров применяют комплексы САУКЛ, АУК.1М, обеспечивающие выполнение основных технических требований к автоматизации конвейерных установок и предназначенные для автоматизированного управления конвейерами, а также контроля работы стационарных и полустационарных неразветвленных конвейерных линий с числом конвейеров до 10. Комплекс обеспечивает централизованное управление из пункта оператора, расположенного в шахте или на поверхности, и включает в себя пульт управления и блоки управления, в которые входят датчики скорости, датчики контроля схода ленты, кабель-тросовые выключатели, сирена и др.

Для контроля скорости ленты применяют тахогенераторные датчики, устанавливаемые у приводной станции между холостой и рабочей ветвями ленты. Ролик датчика прижимается пружиной к ленте. При вращении ролика тахогенератор вырабатывает ток с определенными параметрами, которые изменяются при изменении скорости ленты. Это фиксируется приборами, подающими команду на электропривод конвейера.

Датчик контроля схода ленты контролирует ее положение и при аварийном сходе ленты в сторону подает сигнал в систему дистанционного или автоматизированного управления.

Для экстренного прекращения пуска и экстренной остановки конвейеров с любого места технологической линии используют кабель-тросовые выключатели, состоящие из гибких тяг (тросов), протянутых вдоль става конвейера, и концевых выключателей.

Для контроля состояния тросовой основы резинотросовых лент применяют устройства, обеспечивающие обнаружение поврежденных тросов в поперечном сечении ленты при ее движении, автоматическое суммирование повреждений тросовой основы по длине ленты и выдачу команды на отключение конвейера при обнаружении недопустимых повреждений.

Применяют также датчики контроля работы перегрузочных пунктов (контроля заполнения бункеров и течек в местах перегрузок горной массы с конвейера на конвейер), аппаратуру автоматизации орошения на перегрузках, предназначенную для автоматического включения и отключения системы орошения в местах перегрузки на конвейерах и др.

6.6 Монтаж, эксплуатация и техническое обслуживание ленточных конвейеров

Перед монтажом конвейеров в выработках подготавливают камеры или ниши под приводные и натяжные станции, сооружают фундаменты (для концевых станций стационарных конвейеров), производят разметку трассы, которая должна быть строго прямолинейной в горизонтальной плоскости. Камеры оборудуют грузоподъемными устройствами. Для доставки отдельных узлов и различных грузов вдоль устанавливаемого конвейера укладывают рельсовые пути. Перед спуском конвейера в шахту проверяют исправность его узлов и очищают их от консервирующей смазки.

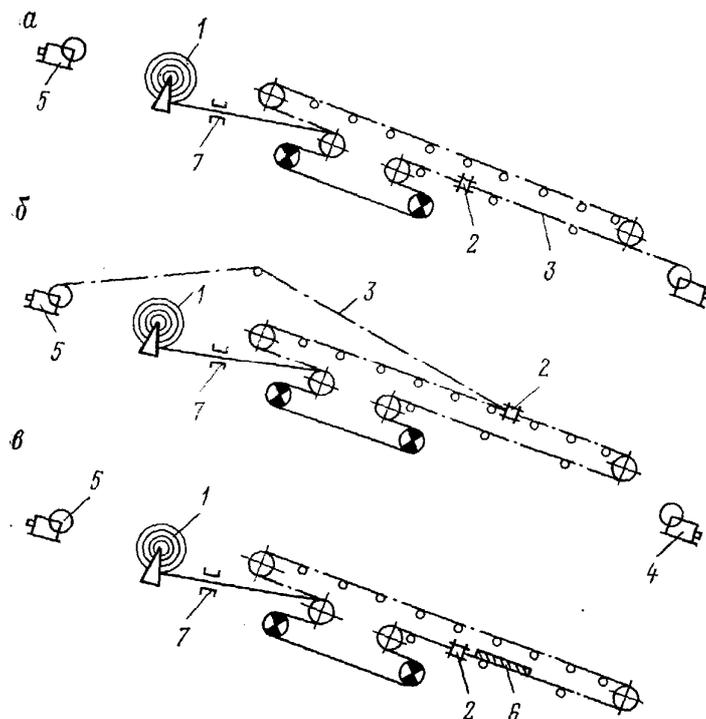
Монтаж конвейера рекомендуется производить в следующей последовательности: монтаж механической части, электрооборудования и пускорегулирующей аппаратуры, навеска и стыковка ленты, монтаж аппаратуры автоматизации и сигнализации.

Для установки става конвейера строго по прямой линии в плане маркшейдерские репера располагают через 10 ... 20 м, направление оси конвейера по выработке проверяют теодолитом или лазерным указателем.

Монтаж механической части начинают с установки головной и хвостовой станций, затем монтируют став конвейера, соблюдая следующие требования: расстояние от почвы до нижней ветви ленты должно быть не менее 400 мм (для обеспечения возможности расштыбовки); зазор между крепью и конвейером должен составлять не менее 0,7 м, а между конвейером

ром и подвижным составом рельсового или монорельсового транспорта — не менее 0,4 м; расстояние от верхней выступающей части конвейера до верхняка — не менее 0,5 м, а у концевых станций — 0,6 м. В местах перехода через став конвейера монтируют переходные мостики. После установки става приступают к монтажу загрузочных и перегрузочных устройств. Высота свободного падения горной массы на ленту должна быть не более 300 мм. При большей высоте устанавливают направляющие лотки.

Наиболее ответственной монтажной операцией является навеска ленты на конвейер (рис. 6.5). Возможны два варианта: навеска ленты на устанавливаемый конвейер; замена изношенной ленты на новую. В первом случае для навески ленты используют монтажные лебедки, во втором — новую ленту навешивают с помощью старой ленты и привода конвейера.



1 — рулон ленты; 2 — монтажная плита; 3 — монтажный канат;
4, 5 — монтажные лебедки; б — заправочные салазки;
7 — зажим ленты

Рисунок 6.5 — Схемы навески новой ленты при поступлении рулонов к верхней (приводной) части наклонного конвейера: а, б — приводом конвейера и монтажной лебедкой; в — растягивание ленты по нижней ветви приводом конвейера

Отрезки ленты соединяют в замкнутый контур путем стыковки концов ленты. Необходимо натянуть ленту, обеспечивая ее рабочее натяжение, и установить натяжной барабан в положение, гарантирующее достаточный запас хода для окончательного натяжения ленты.

Концы ленты стыкуют методом вулканизации (горячей или холодной) или с помощью механических соединяющих деталей. Конвейерные ленты стационарных конвейеров соединяют, в основном, методом вулканизации, причем резинокросовые ленты — только горячей вулканизацией.

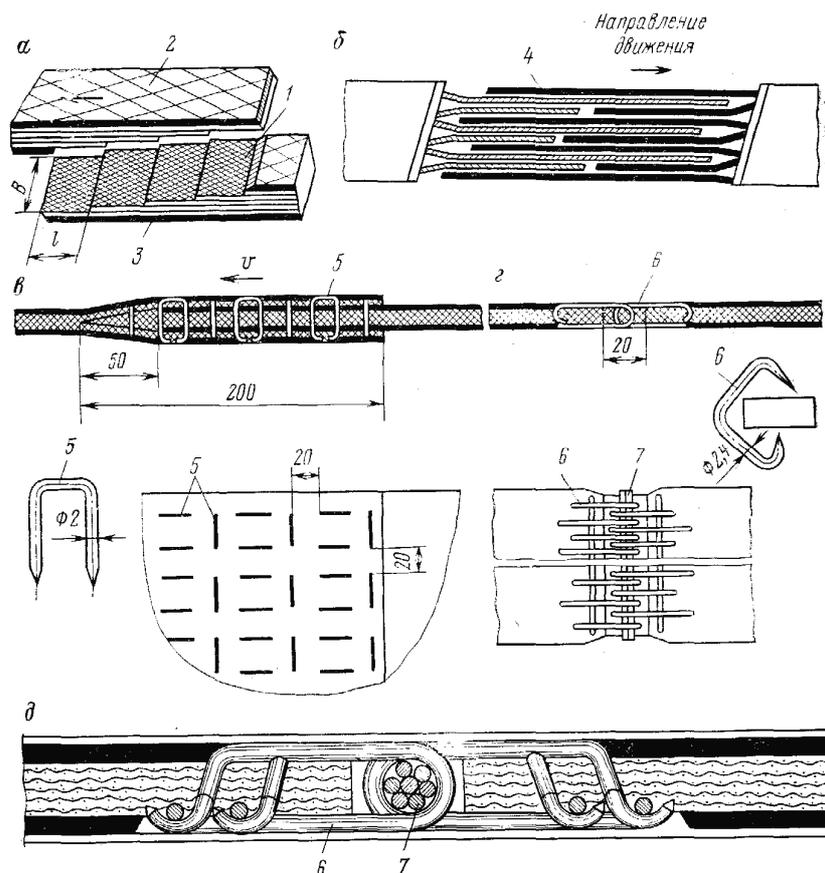
Перед стыковкой резинокросовой ленты вулканизацией концы ее разделяют (рис. 6.6, *a*): снимают прокладки ступеньками длиной $l = 150 \dots 350$ мм; разделанные концы ленты накладывают друг на друга (между ними — сырая резина) и зажимают между плитами переносного вулканизационного пресса; стык вулканизируют при температуре $140 \dots 150$ С и давлении не менее 1 МПа в течение $40 \dots 60$ мин (в зависимости от толщины ленты).

При выполнении стыка холодной вулканизацией концы ленты разделяют аналогичным образом, стыкуемые поверхности дважды смазывают специальным клеем, затем стык прокатывают роликом и тщательно простукивают молотком. Преимущество холодной вулканизации — применение легких стяжных приспособлений взамен тяжелых вулканизационных прессов.

Разделка концов резинокросовой ленты заключается в следующем: снимают резиновые обкладки и обрезают резину с тросов на длину $1200 \dots 1400$ мм; тросы укладывают определенным образом (рис. 6.6, *b*), обкладывают их с двух сторон заготовками сырой резины и зажимают между нагревательными плитами вулканизационного пресса.

Тканевые ленты передвижных и полустационарных конвейеров соединяют быстроразъемными проволочными П-образными скобами (рис. 6.6, *в*) или крючкообразными проволочными скобами (рис. 6.6, *г* и *д*). Прочность стыка составляет лишь $50 \dots 60$ % от прочности ленты. Запрещено соединение конвейерных лент внахлестку с помощью заклепок.

После монтажа аппаратуры автоматизации производят пробный пуск и обкатку конвейера вначале на холостом ходу, а затем под нагрузкой в течение $5 \dots 10$ рабочих смен. После этого оформляют акт приемки и сдают конвейер в эксплуатацию.



1 — прокладки; 2, 3 — соответственно, верхняя и нижняя обкладки;
 4 — стальные тросы; 5 — П-образные скобы;
 6 — крючкообразные скобы; 7 — тросик

Рисунок 6.6 — Схемы разделки и соединения конвейерных лент:

а — разделка тканевой ленты перед вулканизацией;

б — то же резинотросовой ленты; в — соединение тканевых лент

П-образными скобами; г — то же, крючкообразными проволочными скобами;

д — то же скобами «Тип-Топ» (Германия)

При эксплуатации конвейерных установок обслуживающий персонал должен систематически проверять состояние выработок, выявлять неисправности отдельных узлов конвейеров, не допускать заштыбовки трассы. Особое внимание следует обращать на состояние рабочих органов конвейеров, линейной части и концевых станций. Необходимо регулярно подтягивать болтовые соединения и проводить проверку уровня масла в редукторах, следить за работой очистных и оросительных устройств.

При работе ленточных конвейеров необходимо тщательно проверять состояние поддерживающих роликов и своевременно производить

выбраковку невращающихся роликов, контролировать положение ленты на верхних и нижних роlikоопорах, состояние ленты и стыковых соединений.

Осмотр конвейеров должен производиться ежемесячно горным мастером или обслуживающим персоналом и ежесуточно – механиком участка. Еженедельное техобслуживание осуществляется в ремонтные смены силами электрослесарей, постоянно обслуживающих конвейеры, а также электрослесарей энергомеханической службы шахты.

Планово-предупредительный ремонт конвейеров производят не реже одного раза в месяц согласно графику ППР, в котором приведен перечень выполняемых работ.

Гарантией безаварийной работы конвейерных установок и безопасности труда обслуживающего персонала является соблюдение правил безопасности и указаний технического надзора.

Необходимо, чтобы все вращающиеся части концевых станций конвейеров имели ограждения, соединительные муфты и тормозные шкивы закрыты кожухами. Конвейерные выработки должны быть оборудованы средствами пожаротушения. Во время работы конвейера запрещается: смазывать и ремонтировать его отдельные узлы; ремонтировать электрооборудование, находящееся под напряжением; перевозить лес и длинномерные грузы; транспортировать людей по ленте конвейера, если конвейер не приспособлен для этих целей; подсыпать песок между лентой и приводным барабаном при пробуксовке ленты; работать при неисправных реле скорости, датчиках схода ленты в устройствах экстренной остановки конвейера, размещенных вдоль его става; работать при неисправных тормозах.

Работы по ремонту электрооборудования разрешается начинать только после проверки исправности его заземления.

Контрольные вопросы

1. Из каких основных элементов состоит ленточный конвейер?
2. Какие типы лент используются на конвейере?
3. Каковы конструкции различных типов лент?
4. Какие типы приводных станций применяются в ленточных конвейерах? Для чего предназначена приводная станция?

5. Каковы достоинства и недостатки кинематических схем ленточных конвейеров?
6. Какие типы натяжных устройств применяются в ленточных конвейерах? Какова конструкция каждого типа устройства?
7. Какие типы отклоняющих, опорных, загрузочных, разгрузочных устройств применяются в ленточных конвейерах?
8. Какие типы ловителей применяются на ленточных конвейерах?
9. Как определяются распределенные сопротивления движению ленты?
10. В чем заключается расчет конвейера методом «обхода по контуру»?
11. Как определяются прочностные характеристики конвейерных лент?

7 КАРЬЕРНЫЕ ЛЕНТОЧНЫЕ КОНВЕЙЕРЫ

7.1 Общие сведения. Схемы карьерного конвейерного транспорта

На рудных карьерах выделились два основных направления использования конвейерного транспорта: транспортирование рыхлых вскрышных пород, разрабатываемых роторными или цепными экскаваторами; транспортирование скальных пород и крепких руд с предварительным дроблением до максимального размера отдельных кусков 250 ... 400 мм.

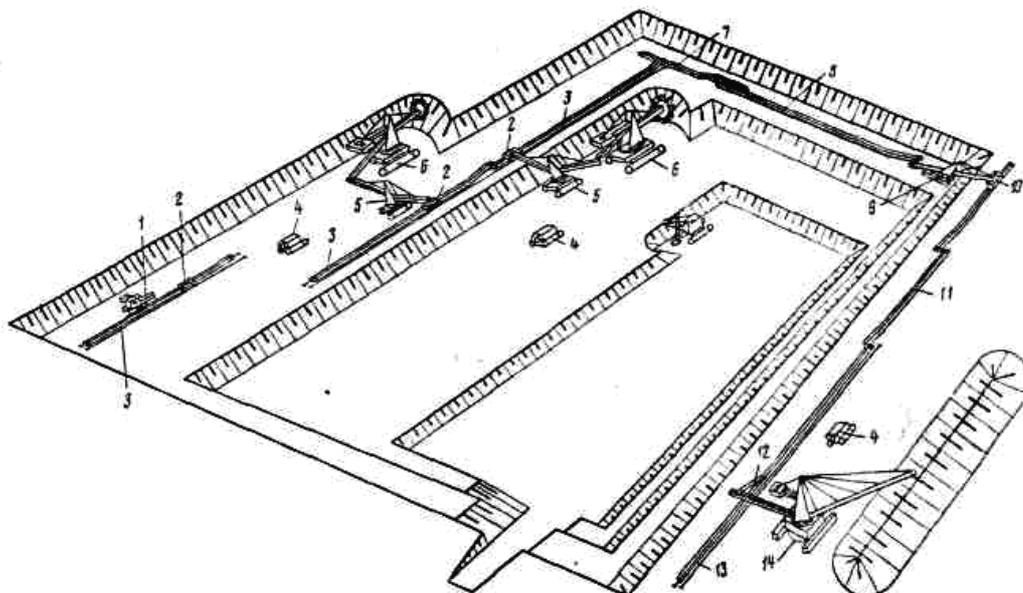
Карьерные ленточные конвейеры обеспечивают высокую производительность при большой длине транспортирования, характеризуются относительно малой энергоемкостью.

Кроме ленточных в определенных условиях эксплуатации применяют специальные конвейеры: ленточно-канатные, крутонаклонные, а также ленточно-тележечные конвейеры, обеспечивающие транспортирование крупнокусковых скальных грузов без предварительного дробления.

В состав конвейерного транспорта входят передвижные (забойные и отвальные), полустационарные (передаточные и сборочные) и стационарные (магистральные и подъемные) конвейеры, а также конвейерные агрегаты — перегружатели, отвалообразователи, отвальные мосты. Конвейерами оборудованы роторные и цепные экскаваторы.

Ввиду большого разнообразия горно-технических условий разработки месторождений открытым способом возможно применение различных схем конвейерного транспорта. По направлению транспортирования вскрышных пород и руды можно выделить следующие основные схемы: перемещение вскрышных пород за пределы карьера; то же в выработанное пространство; транспортирование руды за пределы карьера.

При разработке роторными экскаваторами вскрышных пород двумя уступами и перемещении вскрыши за пределы карьера (рис. 7.1) руда грузится одноковшовыми экскаваторами и транспортируется автосамосвалами.



- 1 — турнодозер; 2 — самоходный бункер; 3 — забойный конвейер;
 4 — кабельный передвижник; 5 — самоходный перегружатель;
 6 — роторный экскаватор; 7 — перегружатель; 8 — торцовый
 телескопический конвейер; 9 — межступенный перегружатель;
 10 — погрузочное устройство; 11 — магистральный конвейер;
 12 — перегрузочная тележка (автостелла); 13 — отвальный конвейер;
 14 — отвалообразователь

Рисунок 7.1 — Схема конвейерного транспорта при разработке мягких вскрышных пород роторными экскаваторами

Порода от роторных экскаваторов поступает на ленточный самоходный перегружатель, служащий для увеличения шага передвижки забойного конвейера и передачи горной массы в самоходный бункер, перемещающийся по рельсам шпальной решетки забойного конвейера. С забойного конвейера вскрышная порода поступает на телескопический ленточный конвейер, далее — на передаточный торцовый межступенный перегружатель, затем через перегрузочное устройство передается на магистральный конвейер, далее — на отвальный конвейер и через перегрузочную тележку (автостеллу) — на конвейер приемной стрелы отвалообразователя.

По мере подвигания забоя забойные конвейеры перемещают с помощью турнодозеров и увеличивают длину телескопического конвейера.

ра. Перегрузочная тележка и отвалообразователь перемещаются вдоль отвального конвейера, обеспечивая отсыпку породы в отвал. По мере отсыпки отвала перемещают отвальный конвейер.

Для транспортирования по кратчайшему пути мягких вскрышных пород во внутренние отвалы применяют консольные отвалообразователи и транспортно-отвальные мосты, входящие в состав мощных выемочно-отвальных роторных комплексов.

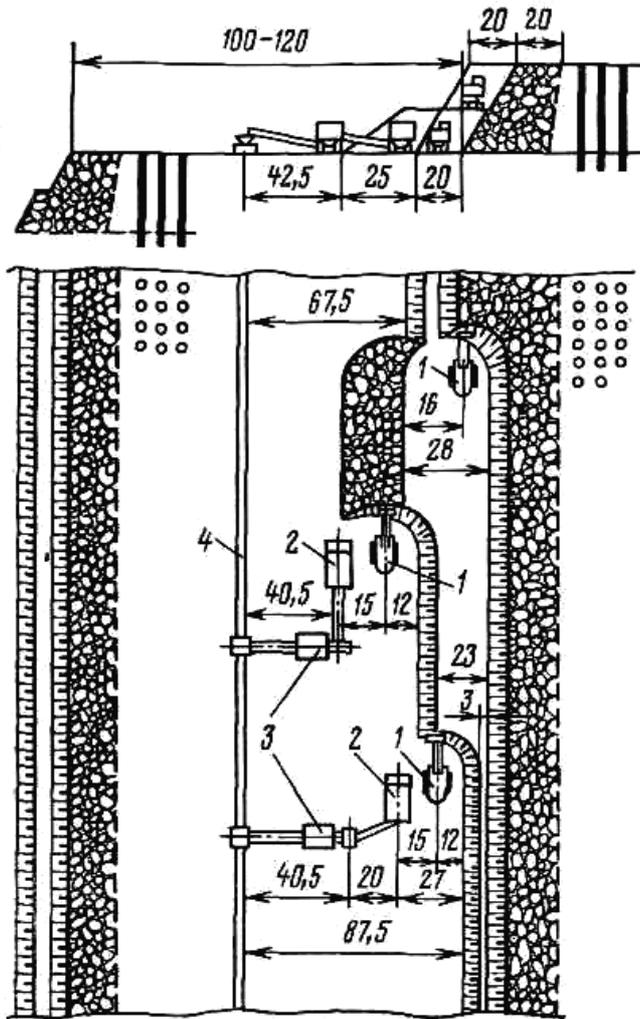
Подобная схема разработки и транспорта вскрышных пород получила широкое распространение на карьерах Курской магнитной аномалии, на железорудных и марганцевых карьерах Украины и других месторождениях.

По схеме поточной технологии разработки крепких руд с использованием конвейерного транспорта (рис. 7.2) руда одноковшовыми экскаваторами загружается в бункер самоходного дробильного агрегата, оборудованного роторной или щековой дробилкой, питателями, консольными конвейерами и механизмами перемещения гусеничного или колесного типа. Назначение самоходного дробильного агрегата – доведение горной массы до определенной кусковатости, пригодной к транспортированию ленточными конвейерами. Производительность самоходных дробильных агрегатов 300 ... 500 т/ч.

С помощью консольного конвейера дробильного агрегата дробленая руда передается на самоходный перегружатель, с которого затем поступает на передвижной забойный ленточный конвейер и по сборочным, магистральному и подъемному конвейерам поступает на поверхность карьера.

7.2 Конструктивные особенности карьерных ленточных конвейеров

По конструкции карьерные ленточные конвейеры мало отличаются от подземных ленточных конвейеров, но существенно отличаются по своим параметрам. Современные карьерные ленточные конвейеры обеспечивают производительность по мягкой вскрыше до 30 тыс. м³/ч, имеют ширину ленты до 3000 мм, скорость движения до 5 ... 6 м/с и значительно большие мощность привода и длину конвейера в одном ставе.



1 — экскаватор; 2 — самоходный дробильный агрегат;
 3 — самоходный перегружатель; 4 — забойный ленточный конвейер
 Рисунок 7.2 — Схема поточной технологии разработки крепких руд
 с использованием конвейерного транспорта

В силу специфических условий эксплуатации карьерным ленточным конвейерам присущи некоторые конструктивные особенности. На конвейерах применяют ленты как с прокладками из синтетических волокон, так и резинотросовые.

В зависимости от назначения и условий эксплуатации став ленточного конвейера выполняют жестким (с жесткими или шарнирными роlikоопорами) и канатным (с шарнирными роlikоопорами). При лентах шириной до 2000 мм на верхней рабочей ветви устанавливают

трехроликовые опоры с углом наклона боковых роликов $30 \dots 45^\circ$, для более широких лент используют 5-роликовые опоры.

Перемещение става передвижных и полустационарных ленточных конвейеров осуществляют тремя способами: разборкой става и переноской его отдельными секциями; волочением по почве всего става без разборки; перемещением конвейера на колесно-рельсовом или гусеничном ходу.

Чаще применяют передвижку конвейеров без разборки става. В передвижном конвейере отдельные секции соединены между собою рельсами, которые служат для перемещения погрузочных и разгрузочных устройств, а также для передвижки. Роликовая головка передвижчика-турнодозера захватывает рельс, расположенный со стороны забоя или отвала, и передвигает конвейер на новую линию.

Конструктивной особенностью отвальных конвейеров является возможность их разгрузки в различных точках по длине става с помощью разгрузочной тележки. Разгрузочный и отклоняющий барабаны тележки образуют на ленте петлю, позволяющую снимать породу и передавать ее на приемную консоль отвалообразователя. Разгрузочная тележка перемещается по уложенным по обе стороны става рельсам, закрепленным на тех же шпалах, что и секции става конвейера.

Концевые станции стационарных магистральных и подъемных конвейеров монтируют на фундаментах. При неблагоприятных климатических условиях конвейеры покрывают крышей, устанавливают в неотапливаемых или отапливаемых галереях.

Для магистральных конвейеров характерна большая длина в одном стае (до $3 \dots 4$ км, реже до $10 \dots 12$ км). Длина самой конвейерной линии может достигать нескольких десятков километров (например, длина одной конвейерной линии в Западной Сахаре составляет 100 км).

Привод стационарных конвейеров, как правило, двухбарабанный, иногда трехбарабанный (два головных приводных барабана и один концевой). Мощность приводного узла (двигатель-редуктор) на современных конвейерах достигает 1500 кВт, а суммарная мощность привода 6000 кВт.

Для разработки мягких вскрышных пород применяют отечественные роторные комплексы производительностью 1500 и 5000 м³/ч с

набором забойных передаточных, магистральных и отвальных конвейеров с лентами шириной соответственно 1200 и 1800 мм. Скорости лент 3,56 и 4,35 м/с.

7.3 Автоматизация и эксплуатация конвейерного транспорта

В целом автоматизация карьерного конвейерного транспорта осуществляется в том же направлении, теми же техническими средствами, что и автоматизация подземных ленточных конвейеров. Однако к средствам автоматизации карьерных конвейеров предъявляют повышенные требования, связанные с большей протяженностью конвейерных линий, высокими производительностью и скоростями, а также тяжелыми климатическими условиями открытых разработок.

Управление отдельными конвейерами и конвейерными линиями — дистанционное с автоматизированным контролем состояния конвейера и его элементов. Широко применяют различные реле скорости, линейные выключатели, датчики контроля положения и состояния конвейерной ленты, контроля работы перегрузочных пунктов (заштыбовки, автоматического контроля количества горной массы), металлоискатели (при транспортировании мягких вскрышных пород) и др.

Специфическими условиями эксплуатации конвейерного транспорта на открытых разработках являются частая передвижка забойных, отвальных и передаточных конвейеров, более сложная очистка лент при налипании и примерзании груза, подборка просыпи под ставами.

Для перемещения линейных секций передвижных конвейеров применяют гусеничные передвижчики-турнодозеры со специальным навесным оборудованием, представляющим собой консольный кран с роликовой обоймой для захвата рельса. Перед передвижкой ослабляют ленту конвейера. Передвижчик, совершая челноковые движения вдоль става конвейера, приподнимает его с одной стороны за рельс и перемещает в поперечном направлении за один проход на шаг 0,5 ... 0,6 м. При таком режиме работы передвижчика став конвейера может быть перемещен на значительное расстояние.

Контрольные вопросы

1. Для чего предназначены карьерные ленточные конвейеры?
2. Какие типы конвейеров применяются в карьерах?
3. Как организуется транспортирование карьерными конвейерами вскрышных пород?
4. Как организуется транспортирование карьерными конвейерами крепких руд?
5. Как передвигается на новую дорогу забойный конвейер?
6. Как передвигается торцовый конвейер?
7. Как разгружается отвальный конвейер?
8. Какие ленты применяются на карьерных конвейерах?

8 СКРЕБКОВЫЕ КОНВЕЙЕРЫ

8.1 Общие сведения

Скребковые конвейеры (СК) — один из наиболее распространенных видов ГШО.

Первые отечественные СК появились в 1937 г. (конвейер СТ4, мощностью 4 кВт). В 50-е годы применялись конвейеры СКР11, СКР20. Современные скребковые конвейеры имеют производительность до 900 т/ч, длину става до 300 м, суммарную мощность приводных электродвигателей свыше 500 кВт. Максимальный угол наклона, при котором скребковые конвейеры могут транспортировать насыпные грузы, достигает 35° , а для тормозных конвейеров — 40° . При больших углах наклона начинается пересыпание груза через скребки.

Устройство забойного конвейера (на примере СПК301) отражено на рисунке 8.1. Конвейер состоит из головного и концевого приводов 1, переходных секций 6, рештаков линейных 8, переходного 7 и штрековых 3, скребковой цепи 2 и навесного оборудования, состоящего из линейных бортов 5 и рам штрековых 4.

Основное назначение СК — транспортирование груза по очистным и подготовительным забоям. Также СК используют в транспортных выработках небольшой длины (в просеках, коротких бремсбергах и др.), в качестве тормозных конвейеров при спуске груза по выработкам с повышенными (до 40°) углами наклона. Скребковые конвейеры специальных типов применяются на поверхности шахт и на обогатительных фабриках, а в последнее время и на рудных шахтах.

Вид транспортируемого материала — уголь, порода, руда.

Способ перемещения груза — волочением по неподвижному желобу с помощью тягового органа (ТО), состоящего из одной или нескольких цепей с укрепленными на них перегородками-скребками, погруженными в слой насыпного груза.

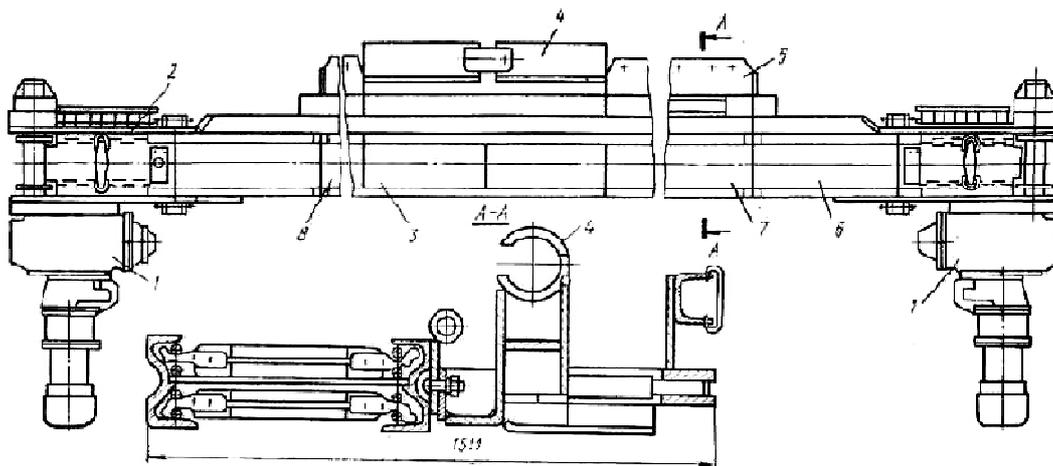


Рисунок 8.1 — Скребокый конвейер СПК301

Достоинства СК:

- высокая устойчивая производительность, не зависящая от крупности и влажности материала;
- высокая прочность и способность выдерживать ударные нагрузки, возникающие при падении на них больших кусков транспортируемого груза;
- погрузка на скребокый конвейеры может производиться в любом месте по его длине;
- могут работать на трассах с небольшими искривлениями как в вертикальной, так и в горизонтальной плоскостях;
- по мере необходимости они легко укорачиваются или удлиняются;
- по сравнению с конвейерами других типов имеют небольшую высоту става, что облегчает их загрузку выемочными машинами;
- способность работать в конструктивной увязке с другими механизмами лавы в составе очистных комплексов.

Недостатки СК, определяющиеся способом перемещения груза (волочением):

- большие сопротивления движению тягового органа;
- интенсивный износ става и тяговых органов;
- измельчение транспортируемого материала;
- высокая энергоемкость транспорта.

Классификация СК:

- по назначению — забойные, подлавные, для подготовительных забоев, общего назначения, перегружатели;
- по характеру выполняемых функций — доставочные, тормозные и агрегатные;
- по числу тяговых цепей — одно, двух и трехцепные;
- по числу приводов — одно и многоприводные;
- по способу перемещения вслед за подвиганием забоя — переносные (конвейер переносят вручную с предварительной разборкой на составные части) и передвижные (передвигаются механизированным способом без разборки);
- по характеру движения цепей — реверсивные, нереверсивные;
- по характеру замыкания цепей — в вертикальной плоскости, в горизонтальной плоскости, комбинированное расположение цепей.

В соответствии с классификационными признаками скребковые конвейеры, предназначенные для транспортирования угля и других насыпных грузов средней крепости, средней кусковатости с плотностью до 2 т/м^3 , подразделяются на следующие основные типы:

СП — передвижные с двумя вертикально замкнутыми цепями с их крайним расположением под бортами;

СПЦ — передвижные с одной или двумя вертикально замкнутыми центрально расположенными цепями;

СР — переносные разборные с двумя вертикально замкнутыми цепями с крайним расположением под бортами;

С — разборные переносные с одной вертикально замкнутой цепью;

СК — разборные переносные одной горизонтально замкнутой цепью и консольными скребками.

8.2 Конструкция основных узлов

Основными функционально-структурными элементами скребковых конвейеров являются ТО, рештачный став, по которому перемещаются рабочая и холостая ветви тягового органа, привод, натяжное устройство.

Рештачный став собирают из унифицированных секций (рештаков) длиной от 1 до 2,5 м. Рештаки выполняют штампованными или сварными с прямоугольной, трапецеидальной, сложной или полукруглой формой поперечного сечения.

Рештаки соединяют в став быстроразъемными крючковыми соединениями или болтами. В большинстве конструкций конвейеров рештаки укладывают один над другим. При этом образуется открытый желоб для рабочей ветви и закрытый желоб для холостой ветви. В конвейерах типа СК рештаки собраны в два параллельных желоба, лежащих в одной плоскости.

ТО состоят из одной или двух тяговых цепей, к которым с помощью болтов или специальных планок крепят скребки.

В мощных подземных скребковых конвейерах используют кольцевые сварные цепи, отличающиеся высокой прочностью и износостойкостью. Разборные штампованные цепи используют в легких разборных конвейерах. Пластинчатые цепи применяют в специальных скребковых конвейерах, используемых в качестве перегружателей, питателей, а также в транспортных системах шахтной поверхности и обогатительных фабрик. Скребки изготовляют из стальных угольников, пластин специального профиля, а для особо мощных конвейеров их выполняют штампованными или коваными из высокопрочных сталей в виде балки равного сопротивления.

Цепи размещают в направляющих пазах рештаков или выносят ближе к оси конвейера, причем концы скребков выполняют с направляющими элементами. При расположении тяговой цепи в направляющих пазах ее снабжают чистильщиками для расштыбовки направляющих.

Приводное устройство скребковых конвейеров включает в себя приводной вал со звездочками, редукторы, электродвигатели, соединительные муфты. Наибольшее распространение получили асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором. Редукторы применяют цилиндрические или цилиндроконические. Последние можно располагать параллельно оси конвейера, чем обеспечивается уменьшение ширины приводного устройства. Двигатель с редуктором соединяют с помощью соединительных или предохранительных муфт. В мощных конвейерах используют гидромуфты, которые выполняют функции: соеди-

нительные, пусковые, предохранительные и в многодвигательном приводе — выравнивания нагрузок между приводными блоками.

Все части привода конвейера смонтированы на общей раме, в большинстве конструкций электродвигатель, гидромуфта и редуктор с помощью фланцевых соединений объединены в единые приводные блоки.

Натяжное устройство представляет собой секцию, снабженную валом со звездочками или шкивами. Вал перемещается в направляющих пазах с помощью винтового механизма или гидравлических цилиндров. В конвейерах с тяжелым рештачным ставом, обладающим высокой продольной жесткостью, как правило, не предусматривают механизма натяжения, а натяжение цепного органа производят приводом.

Передвижные скребковые конвейеры типа СП или СПЦ имеют прочный рештачный став, собираемый из секций, свариваемых из специального Σ -образного профиля. По ставу может перемещаться комбайн или струг. Разгрузочный конец конвейеров выполняют приподнятым с целью облегчения условий перегрузки угля с конвейера на последующее транспортное устройство. В некоторых конструкциях передвижных скребковых конвейеров применен «плоский привод» небольшой высоты, позволяющий выводить комбайн на штрек и начинать выемку угольного пласта без предварительной проходки ниш. В зависимости от необходимой мощности на конвейере устанавливают от одного до пяти приводных блоков.

Передвижные конвейеры оборудуют одно или двухцепным ГО, в последних моделях конвейеров тяговые цепи выносят из направляющих и располагают вдоль оси тягового органа.

Агрегатные скребковые передвижные конвейеры оборудуют вспомогательными устройствами: кабелеукладчиком, дополнительными бортами с желобами для укладки кабелей, гидравлических рукавов, тяговых цепей комбайна и др. Со стороны забоя к борту рештаков крепят погрузочный лемех.

Переносные разборные скребковые конвейеры типа СР оборудуют двухцепным ГО с кольцевыми цепями. Рештачный став собирают из унифицированных рештаков, которые укладывают один над другим и соединяют с помощью быстроразъемных крючковых соединений. К

внутренним стенкам рештаков приварены продольные полосы, образующие с днищем направляющие пазы для тяговых цепей.

Некоторые конструкции переносных двухцепных конвейеров оборудуют натяжными станциями, но чаще снабжают концевой головкой без механизма натяжения так же, как в передвижных конвейерах.

Скребковые конвейеры типа СР используют для доставки угля из очистных забоев пологих пластов средней мощности при выемке угольного пласта комбайнами, передвигающимися по почве пласта. Их также применяют для транспортирования угля по коротким (до 120 м) горизонтальным или слабонаклонным выработкам (просекам, печам и др.), а также в качестве перегрузочного звена между забойным и штрековым конвейерами. Конвейеры типа СР имеют производительность до 500 т/ч.

Переносные разборные скребковые конвейеры типа С оборудуют одноцепным ТО с кольцевой цепью или со штампованной разборной. Рештачный став собирают из унифицированных штампованных рештаков, имеющих трапецеидальное сечение. Рештаки соединяют с помощью крючковых соединений.

Конвейеры типа С используют для тех же условий, что и конвейеры типа СР, но при значительно меньших грузопотоках.

Переносные разборные скребковые конвейеры типа СК предназначены для работы с широкозахватными комбайнами, имеют рештачный став, собираемый из рештаков с небольшой высотой бортов. Между желобами рабочей и холостой ветвей имеется свободный проем, в котором можно устанавливать стойки крепи. Цепи используют кольцевые, иногда разборные. Конвейеры типа СК оборудуют одним или двумя приводами. В последнем случае их располагают по концам. При одном приводе на противоположном конце устанавливают натяжную станцию с винтовым механизмом натяжения ТО.

Конвейеры типа СК предназначены для работы в очистных забоях пологих угольных пластов мощностью до 0,8 м.

Разработаны скребковые конвейеры специальной конструкции, способные изменять направление грузопотока на 90°. Достигается это применением специальной угловой секции и ТО с консольными скребками. Конвейеры такого типа используют для транспортирования угля по двум взаимно перпендикулярным выработкам.

Скребковые конвейеры используют в получивших распространение скребковых перегружателях, устанавливаемых для перегрузки угля с забойного конвейера на штрековый. Перегружатели перемещают по мере подвигания забоя с помощью лебедок, механических или гидравлических домкратов. Скребковый конвейер перегружателя имеет расположенную на почве загрузочную часть и приподнятую разгрузочную, надвигающуюся на штрековый конвейер. Обе эти части связаны наклонным участком конвейера. В некоторых конструкциях надвижную часть выполняют в виде консоли, которая опирается на ролики, укрепленные на стойках. Иногда надвижную часть шарнирно соединяют с загрузочной, благодаря чему она может поворачиваться на небольшой угол в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

Перегружатели, предназначенные для работы в комплексе с телескопическими ленточными конвейерами, отличаются от надвижных тем, что их разгрузочная головка установлена на одной платформе с хвостовым барабаном телескопического конвейера и перемещается одновременно с укорачиванием последнего. Преимущество такой схемы передвижки состоит в том, что грузопоток поступает на ленточный конвейер все время в одно место, оборудованное амортизирующими роликоопорами, благодаря чему меньше изнашивается конвейерная лента.

Скребковые конвейеры используют также в качестве донных для загрузки и разгрузки механизированных бункеров и самоходных вагонов.

Механизированные бункера предназначены для аккумуляции горной массы при ведении очистных и подготовительных работ. Конструкция бункера представляет собой грузомещающий желоб с высокими бортами, в днище которого вмонтирован один или два скребковых конвейера. Секционное разборное исполнение бункера позволяет осуществлять его перестановку и изменять емкость.

Скребковые конвейеры применяют также в качестве средств транспорта в комплексах обогатительных и дробильно-сортировочных фабрик. Отличительной конструктивной особенностью этих конвейеров является использование в качестве ТО втулочных или втулочно-роликовых цепей. Конвейеры могут быть как с верхней, так и с нижней грузонесущими ветвями.

8.3 Эксплуатационный расчет

Цель расчета. Эксплуатационный расчет является проверочным, т. е. служит для проверки соответствия основных эксплуатационных параметров принятого конвейера заданным условиям эксплуатации.

Исходные данные: расчетный грузопоток Q_p (т/ч), длина конвейера L_k (м), средний угол наклона β (град), насыпная плотность груза γ , (кг/м^3) технические характеристики конвейера.

Рассчитываются: размеры желоба, определяющие площадь поперечного сечения груза Ω_0 (м^2), скорость движения рабочего органа v_0 (м/с), прочность тяговых цепей S_p (Н) и мощность привода N (кВт).

Связь расчетного грузопотока Q_p с основными параметрами конвейера выражается с учетом наклона конвейера формулой

$$Q_p = 3600 \cdot \Omega_0 \psi \gamma c v_0, \text{ т/ч,}$$

где c — коэффициент, учитывающий изменение производительности конвейера в зависимости от угла его наклона; ψ — коэффициент заполнения желоба.

Площадь поперечного сечения груза на желобе конвейера Ω_0 зависит от формы желоба. Скорость движения скребкового тягового органа v_0 современных конвейеров не превышает 1,4 м/с. Коэффициент заполнения желоба ψ учитывает пространство, занятое скребками и тяговыми цепями, а также то, что груз на скребковом конвейере движется часто не сплошным слоем. Для горизонтального конвейера ψ принимают равным 0,5 ... 0,8; для наклонного конвейера при транспортировании вниз можно принимать несколько большие значения, а при транспортировании вверх — меньшие.

Соппротивления движению грузовой и порожней ветвей конвейера, а также натяжения ТО, в том числе и максимальное натяжение S_{\max} , определяют по известным формулам в результате тягового расчета.

Необходимую прочность цепей скребкового рабочего органа определяют по максимальному натяжению S_{\max} . Величину минимального натяжения S_{\min} принимают равной 2 ... 3 кН.

Масса груза, приходящаяся на 1 м желоба,

$$q = Q / 3,6v_0.$$

При передвижке конвейера вслед за комбайном или стругом необходимо учитывать дополнительное сопротивление на изогнутом участке

$$W_{кр} = S_{н.и} (e^{f\alpha} - 1),$$

где α — полный угол изгиба, рад; f и $S_{н.и}$ — коэффициент дополнительного сопротивления движению ТО на участке изгиба става и натяжение ТО в начале участка изгиба.

Сопротивления на концевых звездочках определяют, пользуясь табличными данными.

Максимальное усилие S_{max} сопоставляют с разрывным усилием цепей S_p , при этом должно выполняться условие

$$kiS_p / S_{max} > m,$$

где m — запас прочности цепей, $m=6$; k — коэффициент неравномерности распределения тягового усилия между цепями; i — число цепей в тяговом органе.

Для одноцепных конвейеров $k=1,0$, для двухцепных со штампованными разборными цепями $k=0,63 \dots 0,67$, для кольцевых цепей — $k=0,83 \dots 0,91$.

Мощность двигателей привода

$$N = (S_n - S_c)v_0 / 10^3 \eta,$$

где S_n и S_c — усилия натяжения ТО в набегающей на привод и сбегающей с него ветвях; $\eta=0,8 \dots 0,85$ — КПД передачи.

При установке приводных блоков в головной и хвостовой частях конвейера максимальное натяжение можно определить графическим методом. Для этого строят диаграмму натяжений ТО скребкового конвейера с одним приводом, равным по мощности двум приводам, разбивают полное тяговое усилие F между приводами на F_1 и F_2 соответственно их мощностям, строят действительную диаграмму натяжений и определяют натяжения в различных точках тягового контура. Типичная диаграмма натяжения скребкового конвейера, оборудованного двумя равными по мощности приводами, представлена на рисунке 8.2.

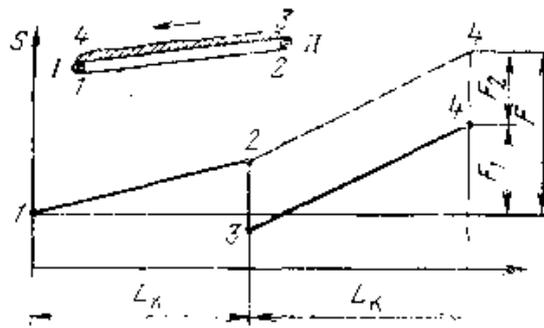


Рисунок 8.2 — Диаграмма натяжения двухприводного скребкового конвейера

Из выражений для W и N можно получить значение предельной длины конвейера, соответствующей заданной мощности и условиям эксплуатации,

$$L_{к.пр} = 10^3 N \eta / v_0 g [2q_T w_T \cos \beta + q(w_T \cos \beta \pm \sin \beta)],$$

где q и q_T — погонная масса, соответственно, груза и ТО; w_T и w_r — коэффициенты сопротивления движению, соответственно, ТО и груза.

Пользуясь этой формулой, для серийных скребковых конвейеров строят графики применяемости (рис. 8.3).

8.4 Эксплуатационное и техническое обслуживание скребковых конвейеров

Монтаж скребкового конвейера необходимо выполнять в строгой последовательности. Сначала устанавливают головную приводную станцию, затем раскладывают решетки, скребковую цепь и необходимое вспомогательное оборудование, далее размещают хвостовую станцию, соединяют между собой решетки и натягивают цепи конвейера.

С целью проверки правильности монтажа конвейера осуществляют его пробный пуск. Кратковременными включениями производят осмотр цепи за ее полный оборот, затем обкатывают конвейер вхолостую в течение 30 ... 50 мин. Если конвейер работает вхолостую нормально, то затем в течение двух суток осуществляют его обкатку при 50 %-й нагрузке. В процессе приработки тщательно следят за работой всех сборочных единиц конвейера и устраняют возникающие дефекты.

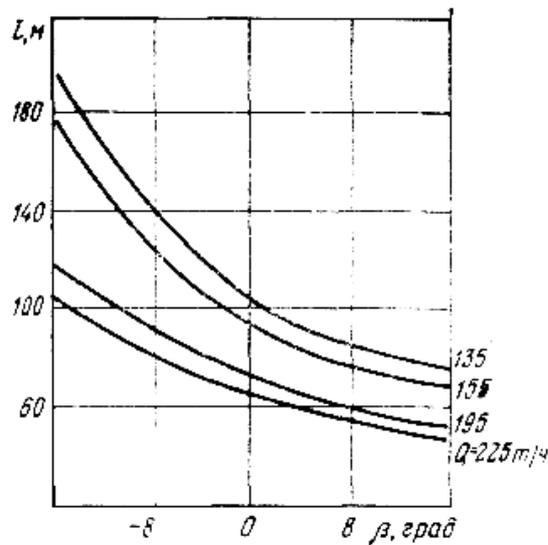


Рисунок 8.3 — График применимости серийного скребкового конвейера

Для контроля движения, исправности состояния и целостности цепей скребкового конвейера применяют магнитоиндукционные датчики, устанавливаемые у приводной станции под холостой ветвью ТО. При обрыве одной или двух цепей в датчике нарушается равновесие магнитной системы, в результате чего подается импульс на отключение привода конвейера.

В процессе эксплуатации скребкового конвейера его техническое обслуживание, текущие ремонты и устранение возможных неисправностей и отказов производят в соответствии с Руководством по техническому обслуживанию и текущему ремонту оборудования с применением нарядов-рапортов.

Согласно системе ППР техническое обслуживание включает в себя ежесменное, ежесуточное, еженедельное и ежемесячное технические обслуживания, в которые входят работы по смазке, регулировке, очистке, осмотру и проверке состояния и действия всех сборочных единиц конвейера.

Например, 1-й ремонтный осмотр скребкового конвейера СПК301 производят после выдачи 40 тыс. т калийной руды, а 2-й — после выдачи 120 тыс. т руды. Плановые текущие ремонты данного конвейера выполняют в следующей последовательности: 1-й — после выдачи 240 тыс. т руды, 2-й — 360 тыс. т. Капитальный ремонт конвейера выполняют спустя 12 мес. работы или после доставки 480 тыс. т калийной руды.

Основные правила безопасности:

– перед запуском конвейера следует убедиться в исправности защитных кожухов привода и ограждений и подать предупредительный звуковой сигнал;

– рабочий пуск конвейера производят через 5 ... 7 с после предупредительного звукового сигнала;

– не допускается работа конвейера с неправильно собранной тяговой цепью, скрученными отрезками цепи и деформированными скребками, с открытыми замковыми соединениями рештачного става, незатянутыми болтовыми соединениями привода;

– все работы по ремонту и обслуживанию скребкового конвейера производят при выключенном и заблокированном пускателе.

Контрольные вопросы

1. Где и для чего применяются скребковые конвейеры на угольных шахтах?

2. Из каких функционально-структурных элементов состоит скребковый конвейер?

3. Какие функции выполняет забойный скребковый конвейер?

4. Укажите недостатки способа перемещения груза волочением.

5. Чем конвейеры типа СП отличаются от конвейеров типа СПЦ?

7. Какие двигатели применяются в скребковых конвейерах?

8. Как осуществляется защита силовой системы конвейера от перегрузок?

9. Какие функции выполняет гидромуфта в приводе скребкового конвейера?

10. Для чего и как осуществляется натяжение цепей скребкового конвейера?

11. Для чего проводится эксплуатационный расчет скребкового конвейера?

9 ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ

9.1 Общие сведения

Назначение вспомогательного транспорта – перевозка оборудования, материалов и людей в пределах горного предприятия.

К вспомогательным грузам относят: лесоматериалы (балки, доски, шпалы, стойки, затяжки и пр.), металлические изделия (швеллеры, двутавры, стойки, верхняки, штанги анкерной крепи, арки и пр.), сыпучие материалы (песок, щебень, цемент, глина, известь, инертная пыль и пр.), длинномерные материалы (рельсы, трубы, балки и пр.), железобетонные изделия (плиты, шпалы, лотки, затяжки и др.), оборудование и машины (элементы механизированных комплексов, погрузочные машины, конвейеры, буровые установки, насосы, маслостанции, трансформаторы, пускатели и другое электрооборудование), жидкие материалы (масла, эмульсии, вода), запасные части к машинам и механизмам.

Для перевозки вспомогательных грузов применяются локомотивы с обычными и специальными вагонетками и платформами, канатные и монорельсовые установки, самоходные вагоны и автомобили, колесные тракторы и тягачи, грузолюдские конвейеры.

Средства вспомогательного транспорта классифицируются:

- по назначению — грузовые, грузолюдские, людские;
- по виду потребляемой энергии и типу привода — электрические, дизельные, пневматические;
- по конструкции и типу опор — рельсовые, безрельсовые, канатно-подвесные, монорельсовые, конвейерные, комбинированные.

Классификацией по первому и третьему признакам удобно пользоваться при выборе средств транспорта применительно к заданным условиям эксплуатации, а по второму признаку — при изучении их конструкций.

Объемы перевозок вспомогательных грузов обычно не превышают 1,5 ... 8 % общего грузопотока шахты. Однако трудоемкость вспомогательного транспорта чрезвычайно высока и достигает в отдельных случаях 40 и даже 50 % общей трудоемкости на подземном транспорте.

Это объясняется, прежде всего, низким уровнем механизации погрузочных и разгрузочных работ.

Поэтому все более широкое применение находит система ПАКОД — пакетно-контейнерной доставки массовых стандартных грузов (элементов крепи, сыпучих материалов, шпал, рельсов и др.), которая позволяет внедрить комплексную механизацию погрузочно-разгрузочных, транспортных и складских операций, а также доставку укрупненных грузовых единиц (пакетов и контейнеров) без их переформления в процессе транспортирования.

Контейнеры состоят из поддонов, служащих основанием, боковых и торцовых бортов или боковых складывающихся в продольном направлении стоек, приспособлений для крепления на платформах, строповки и штабелирования. В целях унификации разработан параметрический ряд шахтных контейнеров и платформ. Типоразмерным рядом предусматривается создание контейнеров и поддонов грузоподъемностью от 1,25 до 6 т для транспортирования шпал, арочной крепи, крепежного леса, металлических стоек, железобетонных стоек и затяжек, сыпучих и жидких материалов, конвейерных лент, канатов и пр.

Платформы состоят из рам со скатами, стоек и приспособлений для крепления контейнеров.

Контейнеры и поддоны могут перевозиться как рельсовым транспортом на унифицированных платформах, так и безрельсовым или монорельсовым с поверхности до рабочих мест при максимальной механизации погрузочно-разгрузочных работ.

Механизация транспортирования вспомогательных грузов на шахтах имеет большое значение не только экономическое, но и социальное, так как позволяет существенно уменьшить долю ручного труда на подземном транспорте.

9.2 Рельсовые средства вспомогательного транспорта

Рельсовые средства транспорта ввиду их универсальности получили наибольшее распространение при перевозке вспомогательных грузов по горизонтальным и наклонным выработкам. Их применяют на всех шахтах, где в качестве основного транспорта используют локомо-

тивную откатку, а также на большинстве конвейеризированных шахт, где рельсовые пути для вспомогательного транспорта настилают рядом с конвейерами или в специально проведенных для этой цели параллельных выработках. Вентиляционные штреки в большинстве случаев также оборудуют рельсовыми путями для доставки по ним вспомогательных грузов к забоям. Основным средством доставки контейнеров по горизонтальным выработкам шахт при внедрении системы ПАКОД служат универсальные транспортировочные платформы, разработанные на базе вагонеток ВГЗ,З.

Платформа ПТ903 состоит из рамы и ходовой части вагонетки ВГЗ,З, рамы, механизма фиксации, поворотных стоек и торцовых стенок. Механизм фиксации предназначен для автоматического закрепления контейнера на раме платформы. Открывание механизма производится одним из рычагов, расположенных с двух сторон платформы под рамой. Поворотные стойки служат для ограждения груза с боков при доставке его без контейнера. Стойки крепятся к раме шарнирно и в сложенном состоянии не выступают за верхнюю кромку рамы. Торцовые стенки ограждают груз с торцов при перевозке его по наклонным выработкам. Они выполнены съемными и устанавливаются на раме в пазах.

Для перевозки массовых насыпных грузов, например, балласта, используют обычные грузовые или специальные вагонетки.

При перевозке длинномерных грузов с помощью штанги или цепи соединяют две соседние вагонетки или тележки.

Для транспортирования тяжелого крупногабаритного оборудования, например, секций механизированной крепи, частей выемочных комбайнов и т. п., используют грузовые платформы.

Для перевозки пылевидных материалов применяют вагонетки или контейнеры с герметически закрывающимся кузовом.

К рельсовым средствам транспорта специального назначения относят также вагонетки и платформы для перевозки противопожарных средств, вагонетки для взрывчатых материалов и др.

В качестве локомотивов для рельсового вспомогательного транспорта применяют: по участковым выработкам – легкие аккумуляторные и контактные (в негазовых шахтах) электровозы, гировозы и дизелево-

зы; по главным откаточным выработкам — локомотивы, которыми транспортируют основные грузы.

На угольных шахтах применяются напочвенные канатные дороги, предназначенные для работы в выработках с углом наклона до 5° , когда невозможно применять локомотивы и откаты концевыми канатами.

Напочвенная канатная дорога 15ДН используется в участковых выработках с тяжелым профилем пути. Дорога состоит из рельсового пути с шириной колеи 900 мм. Состав грузовых или пассажирских вагонеток перемещают замкнутым тяговым канатом, соединенным с буксировочной вагонеткой. Канат приводится в движение приводом со шкивом трения. Грузовое натяжное устройство располагается у привода. При обрыве тягового каната или превышении допустимой скорости на 25 % автоматически включается улавливающее устройство, состоящее из подвижной каретки, расположенной в направляющих рамы буксировочной вагонетки и снабженной двумя парами упоров, которые, упираясь в шпалы, тормозят состав вагонеток. Дорога 15ДН может перевозить до 15 т груза и эксплуатироваться в выработках длиной до 1500 м, имеющих сечение не менее 7 м^2 . Минимальный радиус кривизны выработки 25 м. Мощность привода — 45 кВт, скорость движения — 0,25 ... 1,85 м/с.

Людские вагонетки. Для перевозки людей по горизонтальным выработкам применяют людские вагонетки с закрытыми торцовыми стенками и металлической крышей, имеющей надежный электрический контакт с рельсами через корпус и раму, необходимый для защиты людей от поражения током в случае обрыва контактного провода. Поезда для перевозки людей оборудуют тормозными средствами, состоящими из тормозной системы локомотива и тормозов вагонеток, которые выбирают из расчета обеспечения надежной остановки на пути, не превышающем 20 м, на самом тяжелом участке профиля пути. Сцепки вагонеток рассчитывают с 13-кратным запасом прочности и конструируют так, чтобы исключалась возможность самопроизвольного их расцепления.

На шахтах для доставки людей по горизонтальным выработкам приняты два типа вагонеток: ВП12 с шестью двухместными и ВП18 с шестью трехместными сиденьями, причем первая рассчитана на колею 600 мм, вторая — на колею 900 мм. В составы пассажирских вагонеток запрещается включать грузовые вагонетки.

Составы формируют с таким числом вагонеток, чтобы перевозка рабочих смены занимала не более 45 мин. После перевозки рабочих составы пассажирских вагонеток устанавливают на специальных запасных путях, устраиваемых в околоствольных дворах.

При перевозке пострадавшего от несчастного случая спинки сидений вагонеток снимаются, и носилки с больным устанавливают через открывающийся люк. Скорость движения в целях безопасности ограничивается 5 м/с. Предусмотрено отключение участка контактного провода над посадочными пунктами на время посадки и выхода людей и ряд других мероприятий, направленных на повышение безопасности движения.

Перевозка людей в вагонетках по наклонным выработкам допускается только в отдельных выработках при наличии концевой откатки одним или двумя канатами; причем в выработках с углом наклона более 30° одноконцевая откатка может быть применена, если откаточные лебедки при спуске работают с электрическим торможением, а система торможения предусматривает в своей схеме воздействие на предохранительный тормоз. Кроме того, в таких случаях на лебедки распространяются все требования, предъявляемые ПБ к подъемным машинам. Скорость движения ограничивается 5 м/с.

Разработаны новые вагонетки типа ВЛН и ВЛ и поезд секционный пассажирский для наклонных выработок типа ПСПН.

Вагонетки для доставки людей по наклонным выработкам оборудуют предохранительными устройствами (парашютами) для улавливания и последующего плавного торможения в случае обрыва тягового каната или сцепки, а также при превышении на 20 % допустимой скорости движения. Все парашюты соединяют общей тягой, обеспечивающей одновременность их действия. Парашюты включаются автоматически, но могут при необходимости приводиться в действие и вручную. Ручное включение парашютов отсутствует только у вагонеток, предназначенных для движения по выработкам с углом наклона более 50°. Для подачи сигналов машинисту из движущихся вагонеток предусмотрена искробезопасная двухпроводная сигнализация или радиотелефон.

Специфика наклонных подъемов оказывает влияние на конструкции вагонеток. Для выработок с углом наклона до 50° они имеют форму обычных пассажирских вагонеток, отличающуюся только наличием па-

рашютов и наклоном сидений; для выработок с большим углом наклона вагонетки по форме подобны клетям вертикальных подъемов и отличаются от последних наличием ходовых колес.

В выработках с углом наклона более 70° вагонетки для перевозки людей с целью сохранения устойчивости должны направляться проводниками, как клетки при вертикальном подъеме. В каждом типоразмере вагонеток предусматривают головные и прицепные вагонетки.

Парашютные устройства всех типов вагонеток имеют единый принцип действия и отличаются друг от друга только конструктивными элементами.

Парашютное устройство состоит из свободно подвешенной к раме тормозной каретки с тормозными канатами и ловителями в виде упоров, внедряющихся при торможении в верхнее строение пути (в вагонетках, предназначенных для работы в выработках с углом наклона до 30°) или в виде захватов, сжимающих головки путевых рельсов (в выработках с углом наклона более 30°); из механизма включения парашюта, состоящего из центральной тяги с шарнирным звеном и приводной пружины, находящейся в сжатом состоянии при нормальном натяжении тягового каната, а при обрыве или ослаблении каната — разжимающейся и подающей центральную тягу вперед, которая закрепленным на ней кулаком включает механизм парашюта; из ограничителя скорости, устанавливаемого только на головных вагонетках, который при превышении скорости посредством троса открывает шарнирное звено центральной тяги, и она под действием приводной пружины подается вперед, включая парашютную систему.

Включение парашютов ручным приводом производится поворотом специальной рукоятки. При этом рычаг раскрывает шарнирное звено центральной тяги, что приводит к включению парашютов.

При срабатывании привода парашюта ловители намертво улавливают опоры, и тормозная каретка останавливается, а вагонетка продолжает движение. При этом ее канатные амортизаторы протягиваются между тормозными роликами. Для возврата тормозной каретки в транспортное положение вагонетку подтягивают тяговым канатом вверх, предварительно включив механизм возврата.

9.3 Оборудование и расчет параметров концевой канатной откатки

К оборудованию концевой канатной откатки относят рельсовый путь, одно- или двухбарабанные лебедки или малые подъемные машины, тяговые канаты, прицепные и предохранительные устройства, поддерживающие и отклоняющие ролики, оборудование заездов и подвижной состав.

Недостатки канатных концевых откаток:

- малая производительность, уменьшающаяся с увеличением расстояния транспортирования;
- необходимость дополнительных затрат на сооружение подземных камер для подъемных машин;
- большая трудоемкость и трудность автоматизации работы.

Одноконцевую канатную откатку на людских подъемах выполняют без заездов, а на грузовых – с наклонными или реже с горизонтальными заездами.

Концевые канатные откатки на шахтах в настоящее время применяют, 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.

При двухконцевой канатной откатке верхний заезд выполняют только горизонтальным, а нижний — горизонтальным или наклонным.

Достоинством одноконцевых канатных откаток по сравнению с двухконцевыми является простота организации работы при наличии промежуточных горизонтов, а *недостатком* — необходимость установки привода большей мощности из-за неуравновешенности системы и большой расход энергии при прочих равных условиях.

Рельсовые пути, по которым предусмотрена перевозка людей, должны соответствовать типу парашютных устройств, которыми оборудованы вагонетки или клетки.

На действующих шахтах находятся в эксплуатации грузолюдские лебедки типов БЛ и ЛГЛ и малые подъемные машины типа БМ, постепенно заменяемые более совершенными малыми подъемными машина-

ми нового стандартного ряда (ГОСТ 1811472) Ц-1.2x1, Ц-1.6x1.2, Ц-2x1.5, Ц-2,5x2 и Ц-3x2,2 (Ц — цилиндрический барабан, первая цифра после буквы обозначает диаметр, а вторая — ширину барабана, м).

Основными узлами малых подъемных машин являются рама, главный вал в сборе с барабаном, тормоза с приводами, редуктор с зубчатой и соединительной муфтами, рама привода машины, электродвигатель и аппарат управления машиной.

Для удобства транспортирования по выработкам ограниченных поперечных размеров рамы подъемных машин и барабаны диаметром от 1,6 до 3 м выполняют разъемными.

Барабаны машин с ребордами допускают трехслойную навивку каната, однако в целях безопасности при углах наклона выработки более 60° для грузоподъемных и людских подъемов навивка на барабан допускается только однослойная.

Для наклонных подъемов принимают круглопрядные канаты двойной свивки с линейным и точечно-линейным касанием проволок в прядях.

Канатные откатки являются источником повышенной опасности, поэтому при их эксплуатации необходимо тщательное соблюдение требований ПБ, а именно: регулярный осмотр канатов, прицепных устройств, ловителей и парашютов; проверка тормозов подъемных машин; регулировка зазоров между колодками и тормозными шкивами; проверка состояния рельсового пути и крепи выработок, системы сигнализации и др. Приемные площадки должны быть оборудованы барьерами с автоматическим или дистанционным управлением.

Расчет концевой канатной откатки сводится к определению числа вагонеток (платформ) в составе, выбору типоразмера подъемной машины, расчету возможной производительности (пропускной способности) откатки и потребной мощности привода машины.

Подъемную машину выбирают по каталогу в зависимости от условий эксплуатации: длины откатки и максимального статического натяжения каната.

Допустимое число грузовых вагонеток (платформ) в составе, исходя из прочности сцепки,

$$z \leq S_{\text{сц}} / (m + m_0)g(w_r \cos \beta_{\text{max}} + \sin \beta_{\text{max}}), \quad ,$$

где z — число вагонеток в составе; $S_{\text{цн}}$ — допустимое натяжение сцепки, Н; m_0 и m — масса вагонетки и груза в ней, т; w_{Γ} — удельное сопротивление движению грузовой вагонетки, Н/кН; β_{max} — максимальный угол наклона выработки, град.

Допустимое число людских вагонеток в составе по условиям прочности сцепки

$$z \leq S_{\text{цн}} / (0,09n_{\text{л}} + m_0)g(w_{\Gamma} \cos\beta_{\text{max}} + \sin\beta_{\text{max}}),$$

где 0,09 — средняя масса одного пассажира, т; $n_{\text{л}}$ — число посадочных мест в одной вагонетке.

Число грузовых вагонеток в составе обычно не принимают более 10. Число пассажирских вагонеток в составе рекомендуется принимать не более двух при $\beta > 40^\circ$, не более трех — при $\beta = 23 \dots 40^\circ$, не более четырех — при $\beta = 19 \dots 22^\circ$ и не более пяти — при $\beta < 19^\circ$.

Максимальное статическое натяжение каната

$$S_{\text{max}} = g[z(m + m_0)(w_{\Gamma} \cos\beta_{\text{max}} + \sin\beta_{\text{max}}) + q_{\text{к}}L_{\text{max}}(w_{\text{к}} \cos\beta_{\text{max}} + \sin\beta_{\text{max}})],$$

где $q_{\text{к}}$ — масса 1 м каната, кг/м (предварительно можно принять равной 2,4 кг/м, что соответствует диаметру каната 25,5 мм); L_{max} — максимальная длина каната, м; $w_{\text{к}}$ — коэффициент сопротивления перемещению каната, (при волочении каната по почве и шпалам $w_{\text{к}} = 0,5$, при перемещении по роликам $w_{\text{к}} = 0,3$).

Проверка каната по фактическому запасу прочности:

$$m = S_{\text{р}} / S_{\text{max}},$$

где $S_{\text{р}}$ — разрывное усилие каната, Н.

Для людских подъемов принимают $m \geq 9$, для грузолюдских $m \geq 7,5$, для грузовых $m \geq 6,5$.

Применительно к схеме одноконцевой канатной откатки (см. рис. 9.1) продолжительность рейса

$$t_{\text{р}} = (2L + 4zl_0c + 2l_{\text{доп}}c) / v_{\text{ср}} + \Theta,$$

где $v_{cp}=0,9v$ — средняя скорость движения с учетом разгона и замедления, м/с; L — расстояние между горизонтами, м; l_0 — длина вагонетки с растянутыми сцепками, м; $c=2,5$ — коэффициент уменьшения скорости при движении по наклонным заездам и на участке переподъема; $l_{доп}$ — суммарная длина заездов, м, $l_{доп}=l'_{доп}+l''_{доп}$ (см. рис. 9.1), обычно, $l_{доп}\sim 60$ м; $\Theta=100 \dots 120$ — пауза на отцепку каната и перемену хода движения, с.

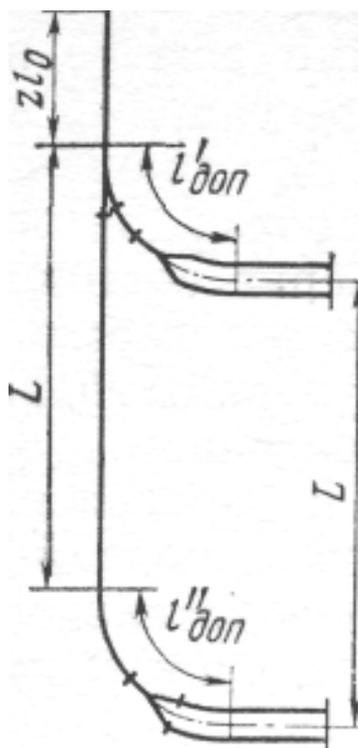


Рисунок 9.1 — Расчетная схема одноконцевой канатной откатки с наклонными заездами

При перевозке людей схему откатки принимают без заездов,

$$t_p = 2L / v_{cp} + \Theta',$$

где Θ' — продолжительность стоянки при посадке и выходе людей из вагонеток, с.

Возможное число рейсов с учетом перевозки всех людей за нормированное время $T_{л}$ (мин)

$$r_b = 60T_{л} / t_p.$$

Потребное число рейсов для перевозки людей $N_{\text{л}}$ (чел/смену) составляет

$$r_{\text{п}} = N_{\text{л}} / zn_{\text{л}},$$

где $N_{\text{л}}$ — число людей, которых необходимо перевезти.

9.4 Безрельсовые средства вспомогательного транспорта

Канатно-подвесные дороги бывают двух типов: одноканатные с тяговонесущим канатом и двухканатные с тяговым и несущим канатами.

Одноканатные дороги состоят из замкнутого каната, к которому крепятся кресла-сиденья для людей или пакеты с грузом массой до 200 кг. Канат огибает приводной и натяжной шкивы и поддерживается промежуточными роlikоопорами, закрепленными на кронштейнах у кровли выработки. На угольных шахтах применяется унифицированная одноканатная кресельная дорога типа МДК, предназначенная для перевозки людей по прямолинейным выработкам длиной до 1200 м и с углом наклона до 25°. Мощность привода дороги — 40 кВт, диаметр каната — 20,5 мм, минимальное расстояние между креслами — 14 м, пропускная способность — до 250 чел/ч. Дороги типа КГД и ДКЛ по конструкции аналогичны дороге типа МДК.

Для экстренной остановки дороги вдоль всей трассы подвешен кабель-тросовый выключатель, позволяющий блокировать привод от включения с какого-либо другого места до устранения замеченных неполадок.

Канатно-кресельные дороги просты по устройству, дешевы в изготовлении и безопасны в работе. Основные их недостатки: ограниченная грузоподъемность и необходимость проведения для таких дорог специальной выработки.

Двухканатные подвесные дороги предназначаются для перевозки материалов и оборудования по конвейерным и вентиляционным штрекам, а также по другим выработкам с углом наклона до 15°.

К достоинствам двухканатных дорог относят простоту конструкции, небольшую массу и стоимость, нечувствительность к проявлениям горного давления, возможность работы в выработках с размещенными на

почве конвейерами и другим оборудованием, легкость монтажа и демонтажа, а также наращивания и укорачивания в процессе эксплуатации.

Недостатки двухканатных дорог: сложность обеспечения необходимого натяжения несущего каната, что ограничивает массу транспортируемого груза; малая скорость транспортирования из-за провисания несущего каната и возможности раскачивания на канате подвижного состава; загромождение выработок канатами и наличие в них движущегося тягового каната.

Монорельсовые дороги. Шахтные монорельсовые дороги предназначены для перевозки вспомогательных грузов и людей, главным образом, в тех выработках, в которых затруднена или невозможна работа других средств транспорта, а именно по участковым безрельсовым и конвейеризированным выработкам, особенно с дующей почвой, имеющим искривления в плане, переменный угол наклона и малые поперечные размеры.

Основными элементами монорельсовых дорог являются: монорельсовый путь, средства тяги, подвижной состав с грузоподъемными и другими вспомогательными устройствами, обеспечивающими закрепление груза на подвижном составе, механизацию погрузочно-разгрузочных работ на конечных пунктах, а также механизацию монтажно-демонтажных работ при строительстве, ремонте и погашении горных выработок.

Монорельсовый путь состоит из опорных, несущих и соединительных элементов. Монорельс подвешивают к опорам (крепь) или устанавливают непосредственно на почву выработки. Наиболее распространенный профиль монорельсов — двутавр.

Монорельсовые установки бывают с канатной и локомотивной тягой. В установках с канатной тягой в качестве привода используют лебедки со шкивом трения, одно или двухбарабанные лебедки с электро-, пневмо- или гидродвигателями.

Управление лебедками может быть ручным, дистанционным и автоматизированным. Скорость движения тяговых канатов лежит в пределах 0,2 ... 4 м/с. В установках тяжелого типа предусматривают плавное регулирование скорости.

Тяговые канаты могут иметь диаметр от 5 до 35 мм, тяговое усилие в отдельных случаях достигает 80 кН.

Грузоподъемность современных монорельсовых дорог с канатной тягой доходит до 14 т (четыре вагонетки по 3,5 т), а длина — до 2000 м.

Монорельсовый путь дороги состоит из монорельса, изготовленного из двутавра № 16, отрезки которого длиной по 3 м шарнирно соединены между собой и подвешены к верхнякам крепи на цепных подвесках через несущие балки. Шаг подвесок монорельса — 3 м. Шарнирное соединение секций монорельса допускает отклонение одной из них относительно другой до 4° в горизонтальной и до 5° в вертикальной плоскостях, благодаря чему монорельс вписывается без изгиба его секций в искривленные выработки или в выработках с крепями, деформированными под действием горного давления.

Тяговый канат по замкнутому контуру обходит шкив трения тяговой лебедки, блок грузового натяжного устройства, блок на конечном пункте, пассажирскую вагонетку, грузовые тележки, барабан приводной тележки, на который навивается до 1000 м запасного каната, блок второго натяжного устройства, шкив трения тяговой лебедки.

В настоящее время выпускаются дороги двух типоразмеров: 4ДМК и 6ДМКУ, отличающиеся грузоподъемностью (4 и 6 т) и максимальной длиной (1200 и 2000 м). Мощность привода дорог — 45 кВт, скорость движения 0,25... 1,85 м/с, число грузовых тележек в составе — 2 и 4, соответственно, максимальный угол наклона пути — 18° .

Подвижной состав дороги в случае обрыва тягового каната или превышения скорости движения на 25 % улавливается парашютами с канатными амортизаторами.

К недостаткам дорог типа ДМК следует отнести малую скорость и грузоподъемность, а также невозможность организации бесперегрузочной доставки грузов по разветвленным выработкам.

В выработках большой длины с переменным углом наклона, при разветвленной транспортной сети и нескольких конечных станциях все большее распространение получают монорельсовые дороги с локомотивной тягой, которые являются более универсальными, так как обладают большей маневренностью и автономностью действия, не загро-

мождают выработок канатами, приводными станциями и другим оборудованием, которое требуется при использовании дорог типа ДМК.

Мощность привода современных шахтных монорельсовых локомотивов находится в пределах от 15 до 75 кВт, максимальная сила тяги — от 6 до 80 кН. Грузоподъемность монорельсовых тележек для перевозки единичных грузов обычно не превышает 37 т.

Тяговые колеса монорельсовых локомотивов бывают стальные или футерованные и могут прижиматься к нижней или вертикальной полкам монорельса.

В качестве монорельсовых локомотивов на шахтах применяют дизелевозы и реже локомотивы с электроприводом.

Грузолюдские конвейеры. Зазор между настилом площадки и конвейерной лентой должен быть перекрыт. Расстояние от ленты до верхних крепи, переходных мостиков и других устройств при перевозке людей должно быть не менее 1 м.

Автоматические устройства, останавливающие конвейер в случае проезда человеком места высадки, устанавливаются на расстоянии не более 2 м за местом высадки. Устройства, предупреждающие людей о подъезде к площадке схода (звуковые, световые, механические), размещают на расстоянии 10 м перед нею.

Устройство для экстренной остановки конвейера состоит из троса, протянутого вдоль конвейера на высоте 0,4 м над лентой с неходовой стороны и разделенного на секции длиной 150 м, пропущенного через кронштейны, устанавливаемые через каждые 10 м. Каждую секцию устройства оборудуют самостоятельным выключателем, включенным в общую цепь управления конвейера.

Скорость движения ленты при перевозке людей не должна превышать 1,6 м/с. Положение людей на ленте должно быть «лежа на локтях». Посадка на ленту должна производиться с соблюдением интервалов не менее 5 м. При этом пропускная способность конвейера составляет до 1000 ... 1200 чел/ч.

Контрольные вопросы

1. Для чего применяются средства вспомогательного транспорта на угольных шахтах?
2. Какие грузы относятся к вспомогательным?
3. Какие средства вспомогательного транспорта применяются на угольных шахтах?
4. Для чего применяется система ПАКОД?
5. Какое оборудование входит в систему ПАКОД?
6. В чем причина широкого распространения рельсовых средств вспомогательного транспорта на шахтах?
7. Какие применяются средства доставки укрупненных грузовых единиц?
8. Какое оборудование входит в состав напочвенной канатной дороги?
9. Какой принцип работы предохранительных устройств (парашютов) рельсового транспорта в наклонных выработках?
10. Укажите достоинства и недостатки канатных откаток.
11. Какое оборудование входит в состав одноконцевых канатных откаток?
12. В чем заключается расчет одноконцевой канатной откатки?
13. Как выбирается подъемная машина для одноконцевой канатной откатки?
14. Как определяется число грузовых вагонеток в партии при одноконцевой канатной откатке?
15. Изобразите расчетную схему одноконцевой канатной откатки с наклонными заездами.
16. Для чего предназначены дороги типа МДК?
17. Укажите недостатки двухканатных канатно-подвесных дорог с тяговым и несущим канатами.
18. В чем заключается принцип работы и что входит в состав монорельсовой дороги.
19. Какие требования безопасности предъявляются к шахтным грузоподъемным конвейерам?

10 САМОХОДНЫЙ ТРАНСПОРТ

10.1 Общие сведения

Самоходные машины по функциональным признакам подразделяются на погрузочные, погрузочно-транспортные и транспортные.

Погрузочные машины предназначены для зачерпывания разрыхленной горной массы рабочим органом, ее подъема на определенную высоту и перегрузки в различные транспортные установки.

Погрузочно-транспортные машины производят зачерпывание горной массы, ее транспортирование на некоторое расстояние и перегрузку в транспортные установки, рудоспуск или бункер.

Транспортные машины (автосамосвалы и самоходные вагоны) предназначены только для перемещения горной массы. Для их загрузки используют погрузочные машины.

Самоходные машины можно классифицировать по следующим основным конструктивным признакам:

- по конструкции ходового механизма — пневмошинные, реже, гусеничные и колесно-рельсовые;

- по типу привода — дизельные, электрические (с питанием от аккумуляторных батарей или по кабелю) и пневматические (с питанием по рукаву);

- по конструктивному выполнению рамы — с жесткой и шарнирносочлененной рамой.

Достоинства самоходных машин:

- высокая производительность и мобильность (машины с дизельным приводом), позволяющая увеличить коэффициент их использования за счет сокращения времени на перегоны машины между забоями;

- способность транспортирования крупнокусовых скальных грузов;

- возможность преодоления больших подъемов (до 15°);

- небольшие радиусы поворота машины (не менее 5 ... 10 м);

- универсальность, позволяющая использовать одни и те же машины на подготовительных, очистных и вспомогательных работах;

– облегчение труда горнорабочих и повышение культуры производства.

Недостатки:

– сложность изготовления и высокая стоимость;

– большие эксплуатационные затраты в связи с быстрым износом шин и значительным расходом воздуха на вентиляцию при использовании машин с дизельным приводом;

– увеличение сечения выработок при перемещении крупногабаритных транспортных машин.

Несмотря на недостатки, внедрение самоходного оборудования способствует повышению производительности труда, снижению себестоимости добычи и повышению безопасности ведения горных работ.

Применение самоходного оборудования на рудных шахтах позволило повысить производительность труда рабочего на очистных работах в 1,5 ... 2,5 раза, на проведении выработок — в 3 ... 4 раза, сократить объем подготовительно-нарезных работ на 1000 т добытой руды по сравнению со скреперной доставкой в 1,5 ... 2 раза, повысить энерговооруженность труда в 2 ... 3 раза, снизить себестоимость руды на 10 ... 25 %.

Наибольшее распространение самоходные машины получили в горнорудной промышленности при добыче руд цветных и черных металлов и горно-химического сырья.

Основными областями эффективного применения самоходных машин при доставке руды являются месторождения с мощностью залежей не менее 3 ... 5 м с устойчивыми рудами и относительно небольшим горным давлением. В зависимости от типа и производительности используемой самоходной машины запас обособленного рудного тела или блока, обслуживаемого отдельным заездом для самоходных машин, должен составлять 50 ... 100 тыс. т.

Наиболее широко самоходные машины применяют при камерно-столбовой системе разработки руд, системах этажного и подэтажного обрушения, закладкой горизонтальными слоями выработанного пространства и других системах.

Погрузочно-транспортные машины, оснащенные пневмоприводом с подачей воздуха по рукаву, применяют для проведения выработок и реже на очистных работах при длине доставки не более 110 м.

Погрузочно-транспортные и транспортные самоходные вагоны с электрическим приводом обеспечивают максимальную длину доставки до 400 м (до 200 м в обе стороны от точки закрепления кабеля).

Самоходные погрузочно-транспортные и транспортные машины с дизельным приводом могут обеспечивать практически любое расстояние доставки. Рациональное расстояние транспортирования горной массы на очистных и подготовительных работах составляет 250 ... 300 м, автосамосвалов — 300 ... 2000 м. Автосамосвалами транспортируют руду от забоев до ОД, а иногда и на поверхность шахты по штольням или наклонным стволам с углами наклона 8 ... 12°.

Самоходные вагоны с донным скребковым конвейером применяют в основном в сочетании с проходческими комбайнами и бункерами-перегрузжателями при добыче калийных руд, а также при проведении подготовительных выработок по породам невысокой крепости.

Погрузочные машины используют при проведении подготовительных выработок, реже для очистной выемки при камерных системах разработки и системах с выпуском руды на почву выработки.

Для погрузки руды в автосамосвалы применяют подземные электрические и гидравлические экскаваторы при отработке горизонтальных рудных тел мощностью не менее 6 ... 12 м. Однако ввиду малой маневренности экскаваторов на гусеничном механизме перемещения более рациональным оказывается использование для загрузки автосамосвалов колесных погрузчиков или погрузочно-транспортных машин.

10.2 Погрузочно-транспортные машины

Погрузочно-транспортные машины по принципу действия и конструктивному исполнению разделяют на два основных типа: 1) ПД — с совмещенным погрузочно-транспортным ковшом, загружающимся за одно или несколько черпаний и служащим для транспортирования горной массы; 2) ПТ — с ковшовым исполнительным погрузочным орга-

ном и транспортным кузовом, загружаемым за несколько черпаний ковшом, расположенным на самой машине.

Погрузочно-транспортная машина типа ПД снабжена шасси с шарнирно-сочлененной рамой, установленной на пневмошинном механизме перемещения и включающей в себя переднюю и заднюю полурамы. На передней полураме смонтирован исполнительный погрузочный орган, состоящий из ковша, стрелы, рычажного механизма и силовых гидроцилиндров, на задней — двигатель с системой нейтрализации выхлопных газов, трансмиссия, гидропривод погрузочного органа и механизма поворота машины, кабина машиниста.

На большинстве ковшовых погрузочно-транспортных машин используют четырехтактные дизельные двигатели с жидкостным или воздушным охлаждением. В дизельных двигателях в рабочие цилиндры поступает отдельно воздух и топливо. Образующая смесь воспламеняется в результате повышения температуры при сильном сжатии. По сравнению с карбюраторными двигателями дизельные имеют более сложную конструкцию, но работают на более дешевом топливе, развивают большую мощность, обладают большим КПД, в отработанных газах дизельных двигателей содержится меньше вредных веществ.

Дизельные двигатели, установленные на погрузочно-транспортных машинах, выполнены с турбонаддувом, т. е. с впуском воздуха в цилиндры под давлением от турбокомпрессора, что позволяет увеличить мощность двигателя и снизить расход топлива.

В выхлопных газах дизельного двигателя при номинальной его нагрузке содержатся такие токсичные компоненты, как окись углерода (0,2 %), окислы азота (0,2 %), альдегиды (0,004 %), сернистый газ, а также пары масла и сажа. При работе двигателя вхолостую процентное содержание вредных компонентов увеличивается в несколько раз.

Снижение вредных компонентов в выхлопных газах до требуемой нормы (окиси углерода до 0,08 %, окислов азота до 0,05 % и альдегидов до 0,001 %) достигается комплексом мероприятий: использованием нейтрализаторов, регулировкой топливной аппаратуры на оптимальный режим работы двигателя с минимумом газовыделения, подачей дополнительного количества воздуха в выработку, где работают погрузочно-транспортные машины.

На погрузочно-транспортных машинах с дизельным двигателем применяют двухступенчатую газоочистку с использованием каталитического и жидкостного нейтрализаторов (рис. 10.1).

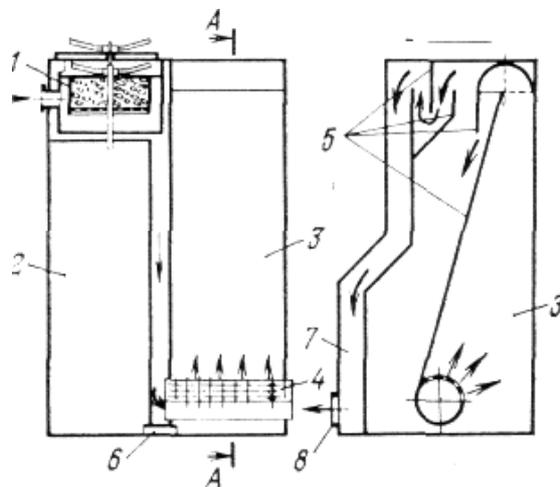


Рисунок 10.1 — Схема нейтрализации отработанных газов дизельного двигателя

Отработанные газы из рабочих цилиндров через выпускной коллектор поступают в каталитический нейтрализатор 1, который представляет собой закрытый сетками стальной цилиндр, заполненный алюминиево-платиновыми каталитическими элементами (шариками, цилиндрами). В каталитическом нейтрализаторе обеспечивается окисление (дожигание) окиси углерода, альдегидов и устранение неприятного запаха.

Из каталитического нейтрализатора отработанные газы поступают в жидкостный нейтрализатор барботажного типа, представляющий собой сосуд, частично заполненный водой или раствором химреагентов и разделенный на сообщающиеся барботажный 2 и дополнительный 3 отсеки. Отработанные газы поступают в коллектор 4 и через отверстия в нем попадают в барботажный отсек. При подъеме газов в верхнюю часть жидкостного нейтрализатора происходит нейтрализация водорастворимых вредных компонентов, улавливание сажи и снижение температуры выхлопных газов. Каплеотбойные пластины 5, установленные на пути следования газов из барботажного отсека, обеспечивают отделение капелек воды, которая накапливается в дополнительном отсеке и через отверстие 6 перетекает в барботажный отсек. Через полость 7 и патрубок 8 выхлопные газы выходят в атмосферу.

Для дальнейшего снижения концентрации токсичных компонентов в рудничной атмосфере до санитарной нормы в выработки, в которых работают погрузочно-транспортные машины, подают свежий воздух по норме не менее $6,8 \text{ м}^3/\text{мин}$ на 1 кВт мощности дизельного двигателя.

Погрузочно-транспортные машины с дизельным двигателем оборудуют автоматической системой пожаротушения, обеспечивающей при превышении допустимой температуры подачу углекислоты или азотно-механической пены из специальных баллонов во всасывающий и выхлопной коллекторы двигателя, а также в зону топливного бака, топливного насоса и турбокомпрессора.

Кроме пожаробезопасности на машинах, работающих в шахтах, опасных по газу или пыли, обеспечивается взрывобезопасность путем установки пакетной защиты (пламегасителей) на всасе и выхлопе.

Ввиду сложных условий эксплуатации и работы в рабочем и транспортном режимах с переменными погрузками на большинстве ковшовых погрузочно-транспортных машин применяют гидромеханическую трансмиссию, которая в зависимости от изменения сопротивления и нагрузки обеспечивает автоматическое изменение тягового усилия и плавное переключение передач без разрыва потока мощности. Гидромеханическая трансмиссия включает в себя гидротрансформатор, коробку перемены передач планетарного типа, а также главную передачу, дифференциал с полуосями и колесный редуктор на каждый ведущий мост. Обычно в погрузочно-транспортных машинах оба моста являются ведущими. Передний мост, снабженный самоблокирующим дифференциалом, крепится жестко к полураме машины. Самоблокирующий дифференциал в процессе черпания обеспечивает жесткую связь между колесами переднего моста при их одинаковой частоте вращения. Задний мост машины крепится к полураме балансирно или жестко. Одновременное взаимодействие всех колес машины с почвой выработки обеспечивается за счет качания балансирного моста или поворота полурам машины относительно горизонтального шарнира.

Большинство погрузочно-транспортных машин оборудуют камерными пневматическими шинами, благодаря которым обеспечивается амортизация динамических нагрузок в элементах машины в процессе работы. Каркас крыши выполняют многослойным из капроновых

или металлических кордовых нитей и усиливают промежуточным слоем (брекером), выполненным из проволочной сетки и служащим для повышения сопротивления пробою покрышки.

10.3 Подземные автосамосвалы и самоходные вагоны

Большинство подземных автосамосвалов имеют шарнирно-сочлененную раму. На передней полураме смонтирован тягач, на задней — полуприцеп 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 отработанных газов, гидромеханической трансмиссией, гидроусилителем рулевого управления, а также упругой пневмогидравлической подвеской.

Отечественной промышленностью выпускается подземный автосамосвал МоА36401 грузоподъемностью 20 т с дизельным двигателем мощностью 140 кВт. Коробка передач гидромеханической трансмиссии обеспечивает четыре скорости движения вперед и четыре назад, максимальная скорость перемещения автосамосвала — 35 км/ч, эксплуатационная с полной нагрузкой — 12 км/ч по горизонтали, на уклоне $8 \dots 10^\circ$ — 4 ... 6 км/ч.

За рубежом подземные автосамосвалы производят многие фирмы. Так, фирма «Гутехоффнунгсхютте» (ФРГ) выпускает четыре модели автосамосвалов грузоподъемностью 12, 20, 40 и 55 т, фирма «Керуна Трак» (Швеция) — две основные модели грузоподъемностью 21 и 42 т. Производят автосамосвалы также фирмы: «Джой», «Эймко» (США), АНФ, «Блоу Нокс» (Франция) и др.

За рубежом самоходные вагоны с дизельным и электрическим приводом выпускают фирмы: «Джой» (США) и «Зальцгиттер» (ФРГ).

10.4 Погрузочные машины

В горной промышленности находят применение ковшовые погрузочные машины периодического действия и машины непрерывного действия с нагребающими лапами или барабанно-лопастным рабочим органом.

Принцип действия ковшовой погрузочной машины основан на выполнении ряда последовательных операций: поступательное движение машины вперед и внедрение ковша в горную массу, подъем ковша с одновременным зачерпыванием горной массы, разгрузка ковша в вагонетку или на конвейер, движение машины назад и опускание ковша. Для захвата горной массы по фронту выработки ковш может поворачиваться в горизонтальной плоскости.

При работе погрузочной машины с нагребными лапами ее рабочий орган зачерпывает порциями горную массу и проталкивает ее к приемному лотку конвейера, установленного на погрузочной машине.

Погрузочные машины по способу захвата горной массы могут быть выполнены с нижним захватом (почти все ковшовые погрузочные машины), с верхним захватом (некоторые типы ковшовых машин) и с боковым захватом (погрузочные машины с нагребными лапами).

Привод погрузочных машин выполняют обычно пневматическим или электрическим, а ходовой механизм — колесно-рельсовым, гусеничным или пневмошинным.

Ковшовые погрузочные машины по способу разгрузки разделяют на два типа: с задней и боковой разгрузкой ковша.

В погрузочных машинах с опрокидыванием ковша назад ковш закреплен либо на перекатывающейся рукояти, либо на шарнирной стреле, а с боковой разгрузкой ковша — на шарнирной стреле. Погрузочные машины с ковшом на шарнирной стреле обеспечивают больший фронт погрузки по сравнению с машинами с ковшом на перекатывающейся рукояти. Наиболее современными являются погрузочные машины с боковой разгрузкой ковша, которые в стесненных условиях обеспечивают погрузку горной массы на конвейер, расположенный сбоку вдоль пути перемещения машины.

Машина с ковшом на перекатывающейся рукояти состоит из исполнительного органа, включающего в себя ковш и рукоять, ходовой тележки, поворотной платформы, на которой установлена лебедка подъема ковша, двух двигателей, механизмов управления и подножки.

Поворотная платформа опирается на ходовую тележку через опорный круг, выполненный в виде упорного подшипника большого

диаметра. С целью увеличения фронта погрузки ковш вместе с поворотной платформой может поворачиваться в обе стороны на 30° .

Ковш, закрепленный на рукояти, поднимается цепью, навиваемой на барабан подъемной лебедки. При подъеме ковша обе дуги рукояти перекатываются без скольжения по направляющим платформы, что достигается с помощью двух пар канатов стабилизации. Два каната одной пары одним концом закреплены на рукояти в верхней ее точке, а другим концом – на платформе. Два каната другой пары одним концом закреплены на платформе, а другим — на рукояти. При подъеме рукояти два каната одновременно наматываются, а два других сматываются, что и обеспечивает перекатывание рукояти без скольжения.

Поворот ковша с платформой может осуществляться пневмоцилиндрами. Для автоматического возврата платформы в исходное центральное положение погрузочные машины оборудованы специальным механизмом.

Отечественная промышленность серийно выпускает погрузочные машины с ковшом на перекатывающейся рукояти прямой погрузки типов ППН1С, ППН2 (ППН2Г), ППН3С, вместимость их ковша от 0,125 до 0,5 м³. Буквенное обозначение ППН показывает: погрузчик периодического действия нижнего захвата. После буквенного обозначения цифрой указан типоразмер машины, а после типоразмера даны модификация машины и индекс по высоте разгрузки: с уменьшенной высотой — Н, стандартной — С и увеличенной высотой разгрузки — В. Машины типа ППН имеют колесно-рельсовый механизм передвижения, кроме машины ППН2Г, имеющей гусеничный механизм передвижения.

Погрузочные машины с ковшом на шарнирной стреле выпускаются типов 1ППН5 и 1ППН5П (пневматическая) на колесно-рельсовом механизме передвижения и с задней разгрузкой ковша.

Погрузочные машины с задней разгрузкой ковша вытесняются более совершенными машинами с боковой его разгрузкой. Машина типа МПК оборудована сменными ковшами вместимостью 0,6 и 1,0 м³ (техническая производительность соответственно 1,2 и 2,4 м³/мин), максимальный размер погружаемого куска, соответственно, 600 и 800 мм, установленная мощность привода 55 кВт, скорость перемещения 0,7 м/с.

Погрузочные машины с боковой разгрузкой ковша производят фирмы «Эймко» (США), «Зальцгиттер» (ФРГ) и др.

Для погрузки руды в автосамосвалы, в основном при камерно-столбовой системе отработки рудных залежей мощностью свыше 6 м, применяют подземные экскаваторы в комплексе с бульдозерами, обеспечивающими сгребание руды в навал. Экскаваторы используют также для погрузки породы при проведении тоннелей большого сечения.

В подземных условиях находят применение электрические или гидравлические экскаваторы типа прямой лопаты с укороченным рабочим оборудованием и вместимостью ковша 1 ... 2 м³. На отечественных рудных шахтах находятся в эксплуатации электрические подземные экскаваторы ЭПА с ковшом вместимостью 1 м³, техническая производительность которых — 4,5 т/мин.

Погрузочные машины непрерывного действия обеспечивают значительно большую производительность, чем ковшовые машины периодического действия, однако имеют более сложную конструкцию и большую стоимость.

Погрузочная машина с нагребными лапами состоит из исполнительного органа, ходовой части и передаточного конвейера. Исполнительный орган выполняется в виде двух нагребных лап, звездочек или режее — лопастного барабана (для погрузки мягких насыпных грузов).

Наибольшее распространение получили электрические погрузочные машины непрерывного действия с нагребными лапами на гусеничном ходу, оборудованные одноцепным скребковым конвейером и электроприводом, отдельным для всех механизмов машины.

Исполнительный орган машины с нагребными лапами состоит из кривошипа и удлиненного шатуна, образующего нагребную лапу. Снизу лапы на ее верхнем нерабочем конце имеется паз, в который входит ролик, закрепленный на вертикальной оси на плите. При вращении кривошипа шатун своим пазом движется по ролику, что обеспечивает определенную траекторию движения рабочего конца лапы. При погрузке каждая лапа, внедряясь в штабель, нагребает горную массу на плиту, далее перемещает груз по плите до скребкового конвейера. Каждая нагребная лапа приводится в движение индивидуальным приводом (редуктор и двигатель).

Для обеспечения приспособляемости к неровностям почвы погрузочная плита вместе с исполнительным органом может подниматься или опускаться с помощью гидроцилиндров.

Гусеничный ход выполнен с независимой подвеской гусениц и индивидуальным приводом. Планетарный редуктор каждой гусеницы снабжен электромагнитным тормозом.

Привод скребкового конвейера осуществляется от двух двигателей через карданные валы. На конвейере применяют пластинчатую цепь с универсальными шарнирами, благодаря которым цепь может изгибаться в двух плоскостях.

Поворот хвостовой части конвейера в вертикальной и горизонтальной плоскостях осуществляется с помощью гидроцилиндров, питаемых от маслостанции, размещенной на машине.

Все выпускаемые отечественной промышленностью погрузочные машины с нагребными лапами типа ПНБ (П — погрузчик, Н — непрерывного действия, Б — бокового захвата) делятся на четыре класса, обозначенные цифрами.

Машины 1ПНБ1 и 2ПНБ2 обеспечивают производительность соответственно 1,25 и 2,0 м³/мин, их применяют в основном при проведении выработок и погрузке горной массы с коэффициентом крепости $f=6 \dots 10$ по шкале проф. М. М. Протоdjяконова.

Машины ПНБ3К и ПНБ3Д, отличающиеся между собой только кинематической схемой привода нагребных лап, обеспечивают техническую производительность 4 м³/мин, их применяют для погрузки породы и руды с максимальным размером куска до 600 мм и коэффициентом крепости $f=12 \dots 14$.

Наиболее мощная отечественная погрузочная машина ПНБ4 обеспечивает техническую производительность 6 м³/мин при размере отдельных погружаемых кусков до 800 мм.

Описанные выше погрузочные машины с нагребными лапами не обеспечивают высокой надежности и долговечности при погрузке крупнокусковой абразивной горной массы, поэтому их более целесообразно использовать при погрузке относительно мягких руд на очистных работах и пород на подготовительных работах.

10.5 Эксплуатационный расчет

Основными эксплуатационными показателями самоходных машин являются производительность, необходимое число машин, сила тяги машины и величина преодолеваемого уклона, расход горючего или электроэнергии и др.

Техническая производительность ковшовой погрузочной машины или экскаватора ($\text{м}^3/\text{ч}$)

$$Q_{\text{тех}} = 3600V_k k_{\text{ц}} k_3 k_p / t_{\text{ц}},$$

где V_k — геометрическая вместимость ковша, м^3 ; $k_{\text{ц}}=0,6 \dots 0,8$ — коэффициент, учитывающий изменение цикла в реальных условиях; $k_3=0,6 \dots 0,7$ — коэффициент заполнения ковша; $k_p=0,92 \dots 0,96$ — коэффициент дополнительного разрыхления породы в ковше; $t_{\text{ц}}$ — длительность цикла погрузки, с.

Эксплуатационная производительность определяется в зависимости от коэффициента использования машины во времени $k_{\text{и}}$, величина которого зависит от условий эксплуатации и организации работ, обычно для ковшовых погрузочных машин $k_{\text{и}}=0,4 \dots 0,6$.

Сила внедрения ковша $P_{\text{вн}}$ (кН) погрузочной машины в горную массу

$$P_{\text{вн}} = g[G_{\text{м}}\psi - (G + G_{\text{в}})(w \pm i)],$$

где $G_{\text{м}}$ и $G_{\text{в}}$ — масса машины и прицепленной к ней вагонетки соответственно, т; ψ — коэффициент сцепления приводных колес погрузочной машины с рельсами; w — коэффициент сопротивления перемещению машины и вагонетки; i — уклон, на котором работает машина.

Если пренебречь сопротивлением перемещению самой машины, то необходимая масса машины составит

$$G_{\text{м}} = P_{\text{вн}} / \psi g, \text{ т.}$$

Сила внедрения ковша зависит от многих факторов и определяется на основании экспериментальных данных.

Техническая производительность ($\text{м}^3/\text{ч}$) погрузочной машины с нагребными лапами

$$Q_{\text{тех}} = 60znV_{\text{л}},$$

где z — число нагребавших лап (обычно $z=2$); n — число ходов каждой лапы в минуту (для тяжелых машин $n=30 \dots 35$, для легких $n=45$); $V_{л}$ — объем горной массы, захватываемой каждой лапой, m^3 ;

$$V_{л} = B d_{т} h_{ср} / 2,$$

B — ширина захвата передней кромки приемной плиты, м; $d_{т}$ — расстояние между участками траектории лап в период нагребания и обратного хода, ориентировочно равное диаметру ведущих дисков, м; $h_{ср}$ — средняя высота слоя нагребаваемой горной массы (для слабых пород высота слоя равна высоте лапы, для скальных — двойной высоте лапы).

Контрольные вопросы

1. Укажите область применения самоходных машин.
2. В чем принципиальное отличие машин типа ПД от машин типа ПТ?
3. Как устроена погрузочно-транспортная машина типа ПД?
4. Как производится очистка выхлопных газов в самоходных машинах с дизельным двигателем?
5. Как устроены подземные автосамосвалы?
6. В чем заключается принцип работы ковшовой погрузочной машины?
7. В чем заключается принцип работы погрузочной машины с нагребавшими лапами?
8. Как устроена погрузочная машина с ковшом на перекачиваемой рукояти?
9. Как устроена погрузочная машина с нагребавшими лапами?
10. Какие эксплуатационные показатели самоходных машин определяются при проведении эксплуатационного расчета?
11. Приведите формулу для определения технической производительности ковшовой погрузочной машины или экскаватора.
12. Как определяется сила внедрения ковша погрузочной машины в горную массу?
13. Приведите формулу для определения технической производительности погрузочной машины с нагребавшими лапами.

11 ПОГРУЗОЧНЫЕ, ПЕРЕГРУЗОЧНЫЕ И РАЗГРУЗОЧНЫЕ ПУНКТЫ

11.1 Общие сведения

В узлах сопряжения транспортных выработок устраивают погрузочные, перегрузочные или разгрузочные пункты, которые оборудуют различными механизмами или устройствами, обеспечивающими механизацию и автоматизацию процесса погрузки или разгрузки.

Погрузочные, перегрузочные и разгрузочные пункты классифицируют по следующим признакам:

- по времени их работы на одном месте — передвижные со сроком службы до 15 суток, устраиваемые непосредственно после очистного забоя угольной шахты или выпускного отверстия рудной шахты; полустационарные со сроком службы до 1,5 лет, устраиваемые на стыке магистральных грузопотоков; стационарные, устраиваемые в ОД;

- по виду транспорта в сопрягаемых транспортных выработках различают пункты с однотипным транспортом (например, конвейерным) и с комбинированным (например, конвейерным и локомотивным).

Для обеспечения ритмичной работы погрузочных, перегрузочных и разгрузочных пунктов в узлах сопряжения транспортных выработок предусматривают накопительные (аккумулирующие) емкости в виде горных или механизированных бункеров.

Наиболее простые пункты в узлах сопряжения двух конвейеризированных выработок. Их оборудуют лотками, воронками, бункерами небольшой емкости, снабженными различного типа питателями.

Более сложные пункты в узлах сопряжения транспортных выработок, обслуживаемых различными видами транспорта, например конвейерным и локомотивным. Оборудование таких пунктов должно выполнять следующие операции: передвигать состав по мере его заполнения, перекрывать межвагонеточное пространство, уплотнять груз в вагонетках, а на разгрузочных пунктах, кроме того, производить очистку вагонеток от налипшего на стенки и дно груза.

На рисунке 11.1 приведена схема передвижного погрузочного пункта угольной шахты, устраиваемого на стыке очистного забоя и кон-

вейеризированной транспортной выработки. При выдаче угля из очистного забоя скребковым конвейером на участковую конвейеризированную выработку в хвосте телескопического ленточного конвейера 1 устанавливают специальный передвижной перегружатель 2 типа ПТК. В комплексе с обычным конвейером применяется надвижной перегружатель.

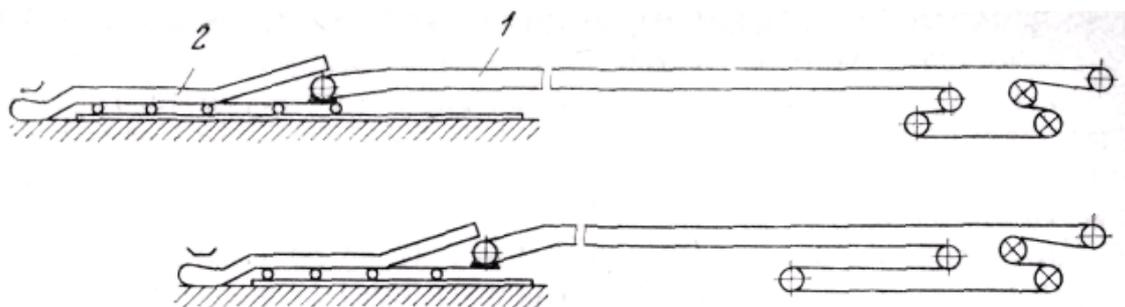


Рисунок 11.1 — Схема передвижного погрузочного пункта угольной шахты при конвейерном транспорте на участке

В случае применения на выемочном участке рельсового транспорта погрузочное устройство включает бункер небольшой емкости, оборудованный затвором или питателем, а также толкатели или маневровые лебедки для протягивания составов вагонеток по мере их загрузки.

На рисунке 11.2 представлены основные схемы полустационарных перегрузочных пунктов. Перегрузка может производиться либо непосредственно с конвейеров на конвейер (см. рис. 11.2, а), либо через промежуточный бункер небольшой вместимости (см. рис. 11.2, б), либо с использованием выравнивающих механизированных бункеров (см. рис. 11.2, в). Последняя схема обеспечивает более равномерную загрузку сборочного конвейера.

В узлах сопряжения, обслуживаемых конвейерным и рельсовым транспортом, полустационарные и стационарные перегрузочные пункты оборудуют аккумулялирующими емкостями в виде горного бункера (рис. 11.2, г) или механизированного бункера (рис. 1.2, д).

Схемы разгрузочных пунктов ОД приведены на рисунке 11.3. Схему, показанную на рисунке 11.3, а, применяют при полной конвейеризации транспорта шахт, другую схему (рис. 11.3, б) — при доставке груза в ОД локомотивным транспортом в вагонетках с глухим кузовом.

Вагонетки при этом заталкивают в круговой опрокидыватель толкателями или протягивают локомотивом. При доставке груза в ОД в составах из вагонеток, разгружающихся через дно, или в секционных поездах используют разгрузочные пункты (рис. 11.3, в), включающие в себя устройства для открывания и закрывания днищ, и разгрузочные бункера. Состав в таких пунктах, как правило, протягивают локомотивом.

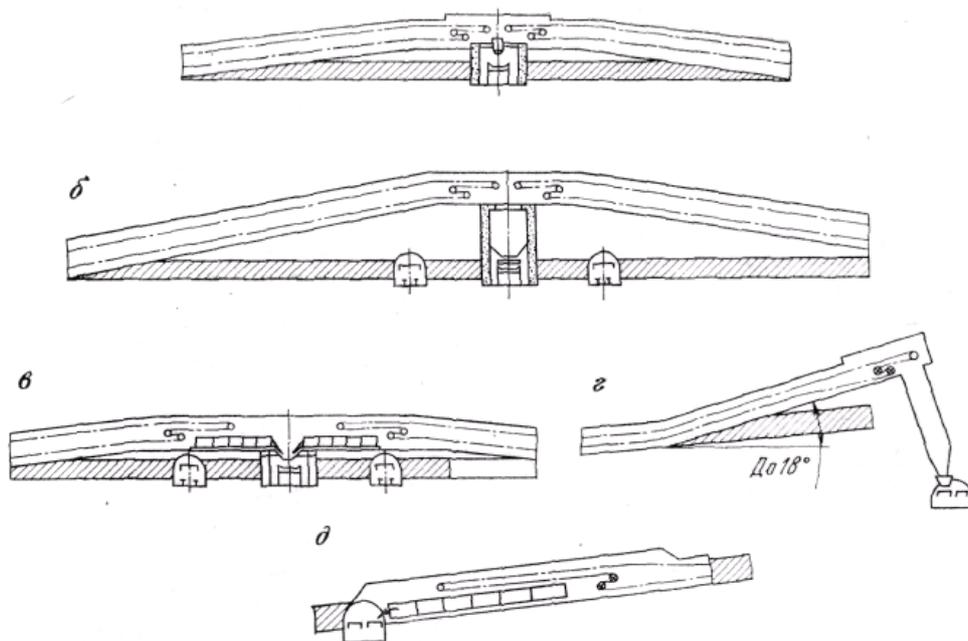
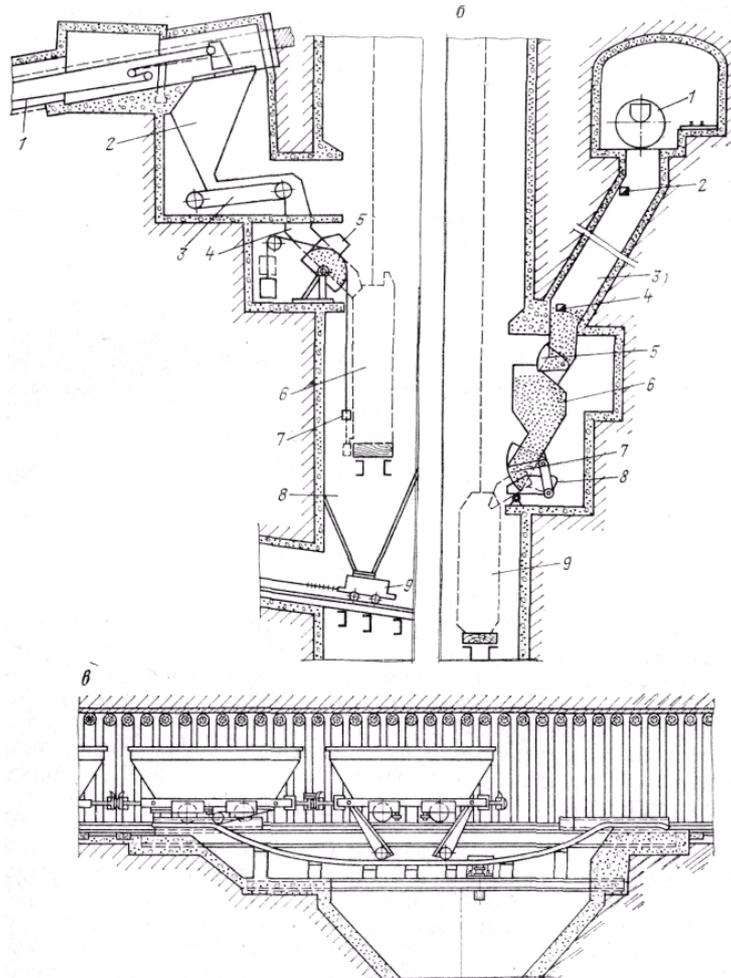


Рисунок 11.2 — Схемы перегрузочных пунктов на стыке конвейерных линий

11.2 Оборудование погрузочных, перегрузочных и разгрузочных пунктов

В состав погрузочных, перегрузочных и разгрузочных пунктов входят: механизированные бункера, питатели, затворы, люки, межвагонеточные перекрыватели, путевые стопоры и ограничители скорости, толкатели, маневровые лебедки и опрокидыватели.

Механизированные бункера предназначены для накопления груза с последующей перегрузкой его на магистральный транспорт. Кроме того, с помощью механизированного бункера можно выравнивать поступающий в него неравномерный грузопоток.



а — при полной конвейеризации транспорта: 1 — магистральный конвейер; 2 — бункер; 3 — питатель; 4 — направляющий лоток; 5 — затвор; 6 — скип; 7 — противовес; 8 — бункер для просыпи; 9 — вагонетка для уборки просыпи; б — при доставке груза в ОД в вагонетках с глухим кузовом: 1 — круговой опрокидыватель; 2 — датчик верхнего уровня груза; 3 — бункер; 4 — датчик нижнего уровня груза; 5 — затвор; 6 — дозирующий бункер; 7 — секторный затвор; 8 — выдвижной лоток; 9 — скип; в — при доставке груза в ОД в вагонетках с донной разгрузкой типа ВД

Рисунок 11.3 — Схемы разгрузочных пунктов околоствольных дворов

Опыт эксплуатации показывает, что при вместимости механизированных бункеров от 60 до 100 м³ в транспортных системах с конвейерным транспортом простои забойного оборудования сокращаются на 50 ... 70 %, а коэффициент использования конвейерного транспорта повышается в 1,5 ... 2 раза. Механизированные бункера целесообразно

устанавливать на стыке забойного и магистрального транспорта в точках слияния участков грузопотоков с общешахтными.

Затворы — устройства, устанавливаемые у выпускных отверстий загрузочных и перегрузочных пунктов для прекращения подачи насыпного груза и регулирования струи груза при его истечении из бункеров, люков и самотечных устройств.

Шиберный затвор представляет собой плоскую задвижку, которая с помощью различных механизмов поднимается или опускается, отсекая грузопоток или открывая выпускное отверстие для его истечения. Шиберные затворы отличаются конструктивной простотой, компактностью, однако при перемещении шибера имеют место большие сопротивления, возможность попадания отдельных кусков под кромку шибера при его закрывании и образования при этом просыпи.

Секторные затворы бывают следующих типов: прямой секторный затвор, сектор которого для открытия выпускного отверстия поднимается вверх. Недостатком этого затвора является возможность попадания отдельных кусков под нижнюю кромку при его закрывании. Обратный секторный затвор не имеет указанного недостатка. Двухсекторные затворы используют для выпуска крупнокузовых грузов.

Пальцевые затворы используют для прекращения грузопотока при его истечении из выпускных отверстий по наклонным желобам. Конструкция затвора представляет собой набор изогнутых из рельсов или двутавра пальцев, которые насажены на одну ось. Для открывания затвора служат тяговые цепи, связанные с подъемным механизмом. Закрывание затвора происходит под действием собственного веса пальцев. Достоинством пальцевых затворов является их конструктивная простота и возможность использования в случае крупнокузовых грузов.

Рассмотренные затворы работают по принципу отсечения струи груза.

В лотковых и конусных затворах используется принцип прерывания грузопотока созданием подпора грузу.

В лотковых затворах прекращение подачи груза производят путем подъема лотка, а в конусных — подъема конусного клапана. Конусные затворы не могут работать из-под завала.

Привод затвора бывает ручным и механическим. Последний привод может быть электрическим, пневматическим или гидравлическим как с местным, так и с дистанционным управлением.

Питатели предназначены для равномерной и непрерывной выгрузки насыпных грузов из аккумулялирующих емкостей. Большая часть питателей представляет собой короткие конвейеры различных типов со сравнительно небольшой скоростью движения грузонесущего полотна. Отличительной особенностью ленточного питателя является наличие под грузонесущей лентой амортизирующих роликоопор с малым шагом установки. Питатели этого типа надежны в эксплуатации, однако рекомендуются для неабразивных грузов, так как их лента быстро изнашивается.

При выгрузке скальных крупнокусковых грузов применяют пластинчатые питатели, скребковые, качающиеся и вибрационные.

Кроме указанных типов питателей, применяют цепные, маятниковые, винтовые (шнековые), дисковые.

Межвагонеточные перекрыватели применяют на угольных шахтах для предотвращения просыпания угля при конвейерной погрузке в вагонетки в процессе протягивания состава. Перекрыватель тележечного типа представляет собой тележку с наклонным лотком и противовесом. Тележка перемещается по направляющим, установленным над конвейером, с которого поступает груз. После загрузки очередной вагонетки лоток перекрывает пространство между соседними вагонетками. Как только тележка переместится вагонеткой на длину, равную межвагонеточному пространству, тяга тележки выходит из зацепления с вагонеткой, тележка под действием противовеса возвращается в исходное положение.

Применяют межвагонеточный перекрыватель в виде перекидного лотка (поворотный лист), двухрукавной воронки с перекидной заслонкой, коротких реверсивных ленточных конвейеров или двух параллельных цепей с укрепленными пластинами, шаг установки которых равен длине вагонетки. На некоторых вагонетках устраивают на бортах козырьки, перекрывающие межвагонеточное пространство.

Привод межвагонеточных перекрывателей осуществляется под действием веса вагонеток, которые нажимают на педаль, связанную с рычажной системой, приводящей в действие перекрыватель, либо от стенок вагонеток, которые нажимают на соответствующие рычаги, либо от собственного привода.

Толкатели предназначены для передвижки отдельных вагонеток или целых составов на погрузочных пунктах или в ОД, а также для заталкивания вагонеток в клетки.

Принцип действия толкателя заключается в захватывании вагонетки кулаком снизу за подвагонный упор, ось, буфер или сверху за кузов и проталкивании вагонетки или состава на небольшое расстояние.

Толкатели бывают стационарные и передвижные.

В качестве ТУ, на которых закреплены кулаки, в толкателях используют цепи, канаты или рейки, приводимые в движение от электрического или гидравлического привода.

Цепные толкатели могут быть с незамкнутой и замкнутой рабочей цепью.

Цепные толкатели с незамкнутой цепью и электрическим приводом используют для обмена вагонеток в круговых опрокидывателях и клетях при жестких посадочных устройствах и качающихся площадках. Тяговым органом в толкателях этого типа является втулочно-катковая цепь, соединенная с кулаком через специальную штангу. В раме толкателя устроен желоб для цепи. В передней части рамы имеется магазин для свободного конца цепи. Штанга с кулаком перемещается по направляющим. Передача движения на штангу осуществляется от электродвигателя через муфту и редуктор. Выходной вал соединен с валом приводной звездочки цепной муфтой. После рабочего хода путем реверса электродвигателя производится обратный ход.

Стационарный цепной толкатель с вертикально замкнутой цепью предназначен для проталкивания нерасцепленных составов через опрокидыватель в ОД. Рабочим органом толкателя является вертикально замкнутая пластинчатая или кольцевая цепь с кулаками, которые при проталкивании состава захватывают вагонетки за подвагонный упор. Привод толкателя состоит из электродвигателя и редуктора, соединенных эластичной муфтой.

Для механизации маневровых работ на передвижных и полустационарных погрузочных пунктах очистных забоев, а также приемно-отправительных площадок применяют передвижные бесфундаментные электрические и электрогидравлические толкатели.

Передвижной штанговый толкатель состоит из рамы с направляющими, по которым перемещается толкающая каретка, состоящая из

двух шарнирно соединенных обойм с кулаками. Толкающая каретка перемещается по направляющим на катках. Каретка совершает возвратно-поступательное движение с помощью привода с кривошипношатунным механизмом. Привод состоит из электродвигателя, редуктора и кривошипношатунного механизма, который приводит качающийся рычаг, связанный через пружинную тягу с толкающей кареткой. Кулаки шарнирно укреплены на осях и при прямом ходе упираются в ось вагонетки, а при обратном – отклоняются осями вагонеток.

Передвижной нереверсивный бесфундаментный качающийся электрогидравлический толкатель состоит из гидропривода, толкающей каретки, состоящей из двух обойм с пятью кулаками. Обойма перемещается по направляющим рамы штоком гидроцилиндра. Маслостанция гидропривода располагается в стороне от места установки толкателя. Возвратно-поступательное движение обоймы осуществляется благодаря тому, что масло в полости цилиндра подается то с одной, то с другой стороны поршня. Частота колебаний обоймы составляет 20 двойных ходов в минуту. При обратном ходе кулаки, встречаясь с осью вагонеток, отклоняются, а затем пружинами возвращаются в рабочее положение.

Стопоры применяют с целью остановки и задержания вагонеток, движущихся самокатом со скоростью до 1,2 м/с, для последующего их пропуска, а также для дозировки при обмене груженых и порожних вагонеток в клетях или опрокидывателях.

Стопоры бывают задерживающие и дозирующие. При скоростях движения вагонеток от 1,2 до 3 м/с применяют путевые тормоза.

Стопор дозирующий монтируют из двух задерживающих стопоров и блокируют обе пары задерживающих кулаков таким образом, чтобы при закрытой одной паре другая пара была открыта.

Гасители скорости применяют для снижения скорости движения вагонетки до необходимого уровня.

Рычажной гидравлический гаситель скорости – тормоз состоит из рычага, шарнирно-соединенного с гидроцилиндром. Вагонетка при ударе о рычаг поворачивает его. При этом шток с поршнем перемещается в цилиндре и выдавливает масло из рабочей полости через клапан, чем обеспечивается гашение скорости. Для пропуска вагонетки оператор включает привод, рычаг поворачивается дальше, обеспечивая свобод-

ный проход вагонетке. Возврат рычага в рабочее положение осуществляется пружиной.

Маневровые лебедки используют для протягивания вагонеток и составов при выполнении маневровых работ у разгрузочных пунктов, в околовольных выработках.

Маневровые лебедки бывают одно- или двухбарабанные, одно- или двухскоростные, с электрическим или пневматическим приводом, с ручным или дистанционным управлением. Лебедка с электрическим приводом содержит планетарный редуктор, расположенный внутри барабана. Барабан установлен на раме с помощью кронштейнов, соединенных между собой угольниками. На выступающем из барабанов хвостовике редуктора неподвижно закреплен на шпонке шкив фрикциона. Тормозная система лебедки состоит из установленных на раме двух одинаковых ленточных тормозов и предохранительного стопора. Стопор и один из тормозов непосредственно затормаживают барабан, а другой – шкив фрикциона. Лебедка оборудована механизмом дистанционного управления, укрепленным на кронштейне. Направляющие боковые ролики, нижние и верхние ограждения каната закреплены на раме с помощью угольников. Специальный электродвигатель встроен в барабан лебедки. Притормаживание и стопорение барабана осуществляется ленточным тормозом.

Опрокидыватели применяют для разгрузки вагонеток в ОД и других пунктах разгрузки. Опрокидыватели бывают круговые, лобовые, боковые. Наибольшее распространение получили круговые опрокидыватели, обладающие по сравнению с другими типами большей производительностью и лучшей вписываемостью в технологические схемы транспорта.

Круговые опрокидыватели изготовляют на одну или несколько вагонеток, с электрическим, пневматическим или гидравлическим приводом. В круговых опрокидывателях могут разгружаться одиночные вагонетки и вагонетки, находящиеся в составе. Круговой опрокидыватель для разгрузки вагонеток, находящихся в составе, состоит из барабана, опирающегося на катки. В торцовых стенках барабана сделаны вырезы, через которые проходят вагонетки. На ферме, соединяющей кольца, закреплена рельсовая площадка, на которой устанавливаются разгружаемые вагонетки. Последние при опрокидывании удерживаются специ-

альными стопорами. Передача вращения барабану от электродвигателя осуществляется с помощью втулочно-роликовой цепи, один конец которой закреплен на барабане с помощью натяжного винта. При разгрузке вагонеток барабан поворачивается в каждую сторону на 195° . Для гашения ударов при остановке барабана используют пружинные и гидравлические демпферы. На рудных шахтах в торцовых стенках круговых опрокидывателей делаются отверстия, допускающие сквозной проход электровоза и протягивание составов при разгрузке.

Компенсаторы высоты используют для компенсации потерянной высоты при движении вагонеток самокатом по наклонным путям. Основным рабочим элементом компенсатора является пластинчатая цепь с толкающими кулаками и ходовыми роликами. Цепь с роликами перемещается по направляющим и приводится в движение приводом через приводную звездочку. Привод расположен на верхней площадке, а на нижней – натяжное устройство. По длине става компенсатора установлены улавливающие кулаки, которые отклоняются осями вагонеток, а после прохода вагонетки возвращаются в вертикальное положение. Цепь натягивается натяжным устройством.

Устройства для очистки вагонеток используют для снятия груза, налипшего на внутренние стенки кузова. При нерегулярной очистке вагонеток накапливается груз, который уменьшает ее вместимость и повышает собственный вес.

В настоящее время используют гидравлические очистные устройства с высоконапорными струями. Эти устройства эффективны, но не всегда вписываются в технологическую схему, так как требуют организации шламового хозяйства. Для очистки вагонеток от слабоувлажненных насыпных грузов используют электрические и пневматические вибраторы, которые воздействуют на вагонетку при ее разгрузке. Недостатком этих устройств является разрушающее воздействие на вагонетку вибрации, повышенное пылеобразование и шум. Используют также отбойные или бурильные пневмомолотки с плоской насадкой вместо пика. При повороте опрокидывателя молотки с помощью манипуляторов опускают на днище вагонетки и выколачивают налипшую горную массу. Этим устройствам свойственны те же недостатки, что и вибрационным.

Применяют очистные устройства в виде различных щеток и фрез, которые в момент опрокидывания вагонеток входят на кронштейнах во внутреннюю полость кузова и, проходя по контуру, очищают внутренние стенки от налипшего материала.

11.3 Механизация и автоматизация погрузочно-разгрузочных работ

На угольных шахтах в местах сопряжения двух транспортных выработок устраивают автоматизированные погрузочные пункты, которые обеспечивают поточную загрузку составов, снижают простои транспортного оборудования, уменьшают время маневров, практически устраняют ручные операции при погрузке, улучшают степень заполнения вагонеток.

Основными элементами автоматизированных погрузочных пунктов (рис. 11.4) являются: толкатель 1, загрузочный лоток 2, датчик 3 поворота лотка, маслостанция 4, качающийся питатель 5, блок управления 6, оросительное устройство.

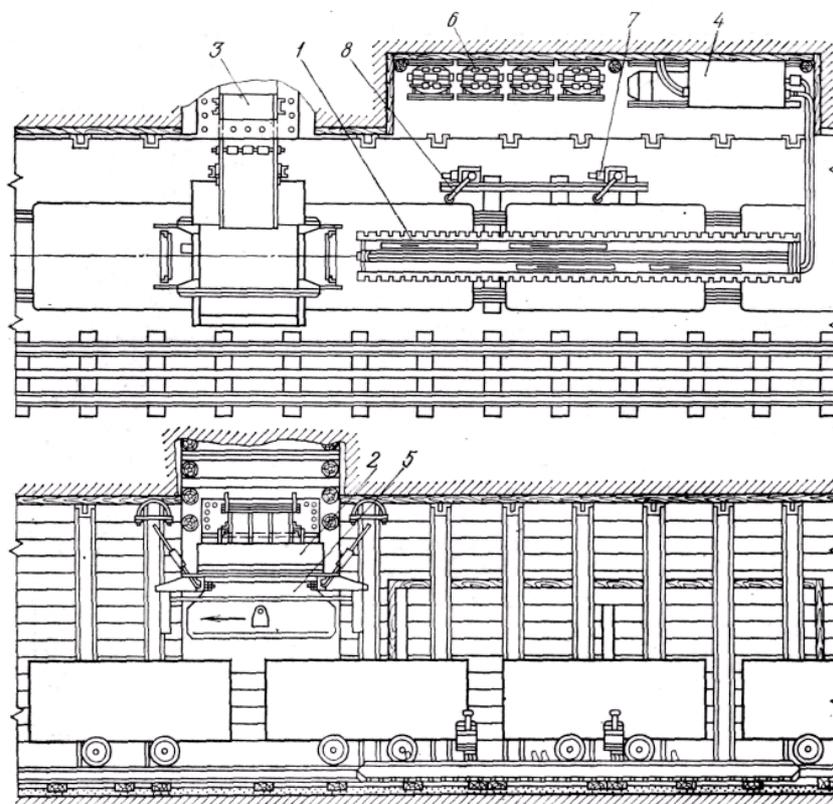


Рисунок 11.4 — Автоматизированный погрузочный пункт типа ГУАП

Загрузочный лоток, подвешенный к крепи выработки на подвесках, служит для направления потока угля в вагонетки, а также для перекрытия межвагонеточного пространства при проталкивании состава. На лотке установлен датчик контроля наполнения вагонетки, гидроцилиндр для поворота перекидного шибера, оросительная система. Маслостанция, установленная в специальной нише, служит для питания всей гидросистемы пункта. Она состоит из электродвигателя, насоса, маслобака и гидроаппаратуры.

Загрузка и обмен составов на погрузочных пунктах производится в следующем порядке. Порожний состав электровозом, находящимся в хвосте, подается на погрузочный пункт, при этом машинист руководствуется световыми сигналами светофора, установленного со стороны подачи. Световые сигналы на светофор поступают от путевых датчиков. Первая вагонетка состава, входящая в зону действия толкателя, воздействует на датчик 7 и на светофоре появляется красный сигнал. Машинист останавливает состав, отцепляет локомотив и уезжает по обгонному пути за груженым составом. После постановки порожней вагонетки в исходное для загрузки положение оператором включаются насосные установки питателя и толкателя. По мере заполнения вагонетки датчик загрузки отклоняется конусом угля, включая в работу толкатель. Последний останавливается, как только датчик освобождается от воздействия угля и занимает вертикальное положение. По окончании загрузки вагонетки по сигналу датчика положения 8 останавливается питатель, а толкатель работает непрерывно до постановки под погрузку следующей вагонетки. Затем цикл повторяется.

Недостаток приведенного на рис. 11.4 погрузочного пункта типа ГУАПП, - узкая специализация: возможность работы только с вагонетками с глухим кузовом типа ВГ.

В настоящее время применяются, в основном, погрузочные пункты типа КАП, способные загружать также вагонетки с донной разгрузкой типа ВДК и секционные поезда типа ПС.

Для выполнения работ по обмену вагонеток в ОД (заталкивания груженных вагонеток в клеть и выталкивания порожних из клетки) применяют специальные агрегаты, включающие в себя комплекс оборудования, производящего следующие операции: остановку вагонеток перед

клетью, открывание двери клетки, заталкивание груженой или порожней вагонетки в клеть и выталкивание прибывшей вагонетки из клетки. Все выпускаемые модификации агрегатов включают следующие механизмы и оборудование: тормоз с гасителем скорости, задерживающий стопор, толкатель, механизм для открывания стопоров в клетях. Привод для обеспечения работы всех механизмов может быть электрическим, пневматическим или гидравлическим. Агрегаты для обмена вагонеток в клетях изготавливают как для клетей, устанавливаемых на жесткие посадочные устройства, так и на качающиеся площадки. Работа агрегатов всех типов осуществляется в следующем порядке. В исходном положении кулак толкателя находится в крайнем положении, кулаки стопоров закрыты, шины тормоза приведены в состояние, при котором происходит торможение вагонетки. Вагонетка, подойдя к агрегату, останавливается тормозом. При растормаживании вагонетка самокатом идет в сторону клетки и останавливается на кулаках стопора. После установки клетки открываются предохранительные ствольные двери (автоматически или оператором) и включается привод толкателя, который подает вагонетку в клеть. Вагонетка устанавливается на клетевых стопорах, а находящаяся в клетях вагонетка выкатывается. Из переднего крайнего положения штангу толкателя возвращают в исходное положение реверсированием двигателя. В агрегат входят два аналогичных узла для обмена вагонеток соответственно в правой и левой клетях.

Контрольные вопросы

1. Как осуществляется перегрузка с забойного скребкового конвейера на подлавный ленточный конвейер?
2. Изобразите схему работы телескопического конвейера.
3. Как осуществляется перегрузка с конвейера на конвейер?
4. Как осуществляется разгрузка вагонеток в ОД?
5. Какое оборудование входит в состав погрузочных, перегрузочных и разгрузочных пунктов?
6. Какие функции выполняют автоматизированные погрузочные пункты угольных шахт?

7. Что входит в состав автоматизированных погрузочных пунктов угольных шахт?

8. Какие операции последовательно выполняет автоматизированный погрузочный пункт?

9. Как осуществляется обмен вагонеток в клетях в ОД?

10. Что входит в состав агрегатов для обмена вагонеток в клетки?

12 ТРАНСПОРТ НА ПОВЕРХНОСТИ ШАХТ

12.1 Оборудование в надшахтных зданиях

Для приема горной массы, поднятой из шахты на поверхность, используют бункера, оборудованные различными затворами и питателями. Для перемещения горной массы между машинами, осуществляющими первичную переработку добытого ископаемого, применяют конвейеры. Для производства обменных операций в надшахтных зданиях вспомогательного подъема используют маневровые лебедки, толкатели, путевые стопоры и тормоза, агрегаты для обмена вагонеток в клетях. Для разгрузки вагонеток с глухим кузовом применяют круговые опрокидыватели, а для вагонеток с откидывающимися днищами – устройства для открывания и закрывания днищ.

Для выполнения маневровых работ используют поворотные и перестановочные платформы, а также поперечные конвейеры.

Поворотная платформа предназначена для принудительного изменения направления движения вагонеток при самокатной откатке. Платформа состоит из опорной рамы, на которой смонтирован поворотный круг. На оси поворотного круга посажена коническая шестерня. Ось своим концом упирается на шаровую пятю. Круг вращается от электродвигателя через редуктор и коническую пару. На круге укреплены два кулака для проталкивания вагонеток. Поворотный круг непрерывно вращается с частотой $3,76 \text{ мин}^{-1}$. Вагонетка самокатом наезжает на круг со скоростью не более $0,8 \text{ м/с}$, захватывается одним кулаком и поворачивается вместе с кругом. Над кругом на специальных площадках смонтированы направляющие, которые сообщают вагонетке направление при входе на круг и выходе с него. Угол между направлением входа и выхода путем перестановки площадок с направляющими можно изменять от 0 до 45° .

Для принудительного поперечного перемещения вагонеток между параллельными путями используют перестановочные платформы, оборудованные собственным приводом. Платформа состоит из тяговой и прицепной секций. В зависимости от необходимого числа одновременно переставляемых вагонеток платформу можно собирать из одной,

двух и трех прицепных секций. Тяговая секция состоит из ходовой тележки, опирающейся на два полуската. На тележке смонтирован привод, включающий электродвигатель, редуктор и электромагнитный тормоз. На раме тележки установлен механизм точной фиксации платформы в местах ее остановки. Вагонетки, установленные на отрезках рельсов, удерживаются от скатывания стопорными устройствами. Против каждого откаточного пути установлен механизм, открывающий стопорные устройства и стягивающий толкателем вагонетку с платформы.

При более интенсивных обменных операциях для принудительного перемещения вагонеток между параллельными путями используют поперечные конвейеры.

12.2 Оборудование складов полезного ископаемого и породных отвалов

Склады служат для накопления и хранения полезного ископаемого. По типу исполнения различают открытые и закрытые склады. По назначению — аварийные, оперативные и технологические.

Аварийные и оперативные склады служат для обеспечения нормальной отгрузки полезного ископаемого потребителю при нарушении его выдачи из шахты.

Технологические склады являются составной частью процесса первичной обработки полезного ископаемого перед отгрузкой потребителю, например усреднения полезного ископаемого.

Складирование полезного ископаемого связано с выполнением следующих операций: подачей груза на склад (прямой подачей), распределением груза в виде штабеля, сбором груза из штабеля в одно место для отгрузки со склада, подачей груза со склада к месту отгрузки потребителю (обратной подачей).

Для прямой и обратной подачи груза, соответственно, на склад и со склада используют ленточные конвейеры, оборудованные устройствами для разгрузки: плужковыми сбрасывателями и двухбарабанными разгрузочными тележками. Для распределения полезного ископаемого по бункерным ячейкам применяют реверсивные передвижные конвейеры, снабженные двумя разгрузочными головками,

приводной и натяжной станциями, смонтированными на жесткой раме, оборудованной ходовыми катками. Передвижка конвейера осуществляется специальным приводом.

Для образования и разравнивания штабелей применяют грейферы и скребковые конвейеры с верхней или нижней рабочими ветвями.

Для гравитационной загрузки склада широко используют спиральные спуски, а для загрузки конвейеров обратной подачи применяют качающиеся, вибрационные, пластинчатые и другие питатели.

На открытых складах широко используют мостовые и козловые грейферные краны, штабелеры, экскаваторы и роторные погрузчики.

Перевозка пустой породы в отвал производится автомобильным, железнодорожным транспортом, гидротранспортными установками или канатно-подвесными дорогами.

В получивших распространение двухканатных подвесных дорогах с кольцевым движением вагонетки перемещаются по несущему канату с помощью замкнутого тягового каната, связанного с вагонетками сцепным устройством. Тяговый канат приводится в действие приводом. Несущие канаты грузовой и порожняковой ветвей с одной стороны закреплены в якорях, а с другой – снабжены натяжными грузами. На линии несущие канаты поддерживаются опорами.

Вагонетки на конечных станциях с несущего каната переходят на жесткие рельсы, на которых в зависимости от назначения станции загружаются или разгружаются.

Загрузка вагонеток осуществляется при их остановке на рельсовом пути, по которому они после погрузки перемещаются специальным толкающим устройством, вручную или самокатом. При переходе с жесткого рельса на несущий канат вагонетки прицепляются к тяговому канату.

Разгрузка вагонеток производится непосредственно на несущем канате при взаимодействии рычага защелки кузова с аншлагом, укрепленным на несущем канате. По мере отсыпки отвала аншлаг переставляется по канату.

Отвальные канатные дороги кольцевого типа имеют производительность до 350 т/ч, скорость движения вагонеток до 2 м/с, максимальную длину до 5 км, высоту конечных опор в отдельных пролетах 100 ... 120 м.

При проектировании и эксплуатации транспортных систем складов полезного ископаемого и породных отвалов необходимо учитывать следующие требования:

- полное исключение ручного труда на транспортных операциях;
- применение автоматизированных комплексов, работающих по заданной программе без участия людей;
- минимальное измельчение и пылеобразование;
- использование для основных операций механизмов непрерывного действия;
- ограничение высоты штабеля применительно к свойствам полезного ископаемого. Обычно высоту штабеля полезных ископаемых, не склонных к самовозгоранию, принимают до 10 м, склонных к самовозгоранию — до 5 м.

Многие пустые породы, особенно сопутствующие угольным пластам и горючим сланцам, имеют склонность к самовозгоранию. Вследствие горения пород внутри коноидальных отвалов могут скопиться газы и вызвать взрыв отвала.

По существующим нормам вокруг отвалов отводится защитная зона шириной не менее 100 м при высоте отвала до 60 м, не менее 150 м при высоте отвала 60 ... 80 м и не менее 200 м при больших высотах отвалов.

Удаление хвостовых частей отвала от промышленных зданий должно быть не менее 20 м. Для вновь закладываемых отвалов нормами предусмотрено: удаление отвала от жилых зданий не менее 500 м, от промышленных зданий, не связанных с эксплуатацией отвала, — не менее 200 м, удаление от объектов, не связанных с постоянным пребыванием людей, — не менее 100 м.

Отвалы должны размещаться с подветренной стороны от зданий и стволов.

Горящие породные отвалы необходимо тушить.

Самовозгорание породных отвалов можно предупредить применением следующих мероприятий: дроблением пород до крупности 50 мм, послойным складированием породы и уплотнением, периодическим смывом мелких фракций с верхней части с целью заиливания нижней пористой части отвала.

12.3 Погрузочные комплексы

Сооружения и механизмы, предназначенные для погрузки полезного ископаемого в средства внешнего транспорта, называют погрузочными комплексами.

Наиболее сложную конструкцию имеют погрузочные комплексы при железнодорожном внешнем транспорте.

Различают бункерную и безбункерную погрузку в железнодорожные составы, а также погрузку из аккумулялирующих складов.

К преимуществам бункерной погрузки можно отнести возможность аккумулялирования полезного ископаемого при отсутствии порожняка и обеспечение быстрой загрузки прибывшего состава; к недостаткам — большие капитальные вложения на сооружение бункеров, измельчение полезного ископаемого в процессе погрузочно-разгрузочных операций.

Безбункерная погрузка отличается от бункерной тем, что вместо бункеров большой вместимости сооружается система загрузочных воронок, через которые производится непрерывная загрузка вагонов полезным ископаемым, поступающим из шахты. Безбункерная погрузка требует четкой организации погрузочных операций. К ее преимуществам относятся отсутствие дорогостоящих бункеров большой емкости, меньшее измельчение полезного ископаемого вследствие меньшего числа перегрузок; к недостаткам — необходимость иметь большой запас порожних железнодорожных вагонов, играющих роль бункера на колесах. Несмотря на прогрессивность безбункерной погрузки, из-за дефицитности вагонов от нее в настоящее время отказываются.

На рудных шахтах часто применяют погрузку полезного ископаемого из открытых аккумулялирующих складов в средства внешнего транспорта с помощью различных погрузочных механизмов: экскаваторов, роторных погрузчиков, грейферных кранов и др.

Бункера выполняют металлическими или из монолитного железобетона. Наиболее распространены пирамидальные бункера прямоугольного сечения. Более удобными в эксплуатации являются бункера цилиндрической формы с конической выпускной воронкой. Для уменьшения зависания груза отношение высоты бункера к внутреннему диамет-

ру рекомендуется принимать для сухих материалов равным не более 2:2,5, а для влажных – не более 1,8:2,2. Диаметр цилиндрических бункеров — до 18 м.

В зависимости от климатических условий их делают неутепленными, утепленными или обогреваемыми. Иногда бункера оборудуют несколькими выпускными отверстиями с целью повышения скорости загрузки составов.

Для загрузки бункеров используют стационарные и передвижные ленточные конвейеры, а для разгрузки — затворы и питатели различного типа (чаще вибрационные). В полувагоны груз подается самотеком с помощью одно- или двухлотковых желобов, играющих одновременно роль затворов, либо с помощью стационарных или передвижных конвейеров и конвейерных стрел.

Для выполнения маневровых операций при загрузке состава используют специальные маневровые устройства. Маневровое устройство с тяговым канатом состоит из лебедки со шкивом трения, тягового каната, специальной толкающей тележки, перемещающейся по рельсам под железнодорожным составом, системы блоков и натяжного устройства. На тележке смонтированы рычаги, которыми вагон захватывается за колеса и производится перемещение загружаемого состава. Управление маневровыми устройствами дистанционное.

Контрольные вопросы

1. Какое оборудование применяется в надшахтных зданиях для приема горной массы?
2. Какое оборудование применяется в надшахтных зданиях для перемещения горной массы между машинами?
3. Какое оборудование применяется в надшахтных зданиях для производства обменных операций?
4. Какое оборудование применяется в надшахтных зданиях для разгрузки вагонеток?
5. Какие типы складов полезного ископаемого применяются на шахтах?

6. Как осуществляется складирование полезного ископаемого и его отгрузка со склада?

7. Какое оборудование применяется на складах полезного ископаемого?

8. Как перевозится в отвал пустая порода?

9. Для чего служат погрузочные комплексы на поверхности угольных шахт?

10. Какие достоинства и недостатки характерны для бункерной погрузки полезного ископаемого в железнодорожные составы?

11. Какие достоинства и недостатки характерны для бункерной погрузки полезного ископаемого в железнодорожные составы?

ЛИТЕРАТУРА

1. Григорьев, В. Н. Транспортные машины для подземных разработок / В. Н. Григорьев, В. А. Дьяков, Ю. С. Пухов. — М. : Недра, 1984. — 383 с.
2. Кузнецов, Б. А. Транспорт на горных предприятиях / под общей ред. Б. А. Кузнецова. — М. : Недра, 1976. — 655 с.
3. Подземный транспорт шахт и рудников : справочник / под общей ред. Г. Я. Пейсаховича, И. П. Ремизова. — М. : Недра, 1985 — 565 с.
4. Справочник по шахтному транспорту / под ред. Г. Я. Пейсаховича и И. П. Ремизова. — М. : Недра, 1977. — 624 с.
5. Шешко, Е. Е. Горно-транспортные машины и оборудование для открытых работ / Е. Е. Шешко. — М. : МГГУ, 2003. — 100 с.

УЧЕБНОЕ ИЗДАНИЕ

Сергей Васильевич Корнеев
Виктория Юрьевна Доброногова

ГОРНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ

Учебное пособие

В авторской редакции

Художественное оформление обложки

Н. В. Чернышова

Заказ № 352. Формат 60x84 ¹/₁₆.

Бумага офс. Печать RISO.

Усл. печат. л. 13,3 Уч.-изд. л. 11,4

Издательство не несет ответственность за содержание
материала, предоставленного автором к печати.

Издатель и изготовитель:

ГОУ ВО ЛНР «ДонГТИ»

пр. Ленина, 16, г. Алчевск, ЛНР, 94204

(ИЗДАТЕЛЬСКО-ПОЛИГРАФИЧЕСКИЙ ЦЕНТР, ауд. 2113, т/факс 2-58-59)

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя
и распространителя средства массовой информации

МИ-СГР ИД 000055 от 05.02.2016