

Ю.С. ПУХОВ

Рудничный транспорт

2-е издание, переработанное и дополненное

Допущено Министерством металлургии СССР в качестве учебника для учащихся горно-рудных техникумов по специальности «Эксплуатация и ремонт горного электромеханического и автоматических устройств»

Москва
«Недра»
1991

СОДЕРЖАНИЕ

Содержание	2
ВВЕДЕНИЕ	6
I. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ, ОСНОВЫ РАСЧЕТА, ЭКСПЛУАТАЦИИ И РЕМОНТА ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН	9
1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РУДНИЧНОМ ТРАНСПОРТЕ	9
1.1. Назначение рудничного транспорта в технологическом комплексе горно-рудных предприятий	9
1.2. Классификация и область применения средств рудничного транспорта	10
1.3. Виды и характеристика транспортируемых грузов	12
1.4. Грузопотоки горно-рудных предприятий	14
1.5. Оценка качества и надежности транспортных машин	15
1.6. Техничко-экономическая эффективность применения рудничного транспорта	17
Вопросы для самопроверки	17
2. ОСНОВЫ РАСЧЕТА РУДНИЧНОГО ТРАНСПОРТА	19
2.1. Производительность транспортных машин	19
2.2. Силы сопротивления движению и тяговое усилие транспортной машины	21
2.3. Мощность привода и расход энергии	24
2.4. Использование ЭВМ при проектировании транспортных машин	25
Вопросы для самопроверки	26
Задачи и упражнения	26
3. ОСНОВНЫЕ ВОПРОСЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ, ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА МАШИН РУДНИЧНОГО ТРАНСПОРТА	27
3.1. Условия эксплуатации транспортных машин на горно-рудных предприятиях	27
3.2. Технологические схемы рудничного транспорта	27
3.3. Основы безопасной технической эксплуатации транспортных машин	31
3.4. Техническое обслуживание и ремонт транспортных машин	32
3.5. Автоматизация транспортных машин и процесса транспортирования, диспетчеризации	33
3.6. Мероприятия по снижению запыленности, шума и вибрации транспортных машин	34
3.7. Охрана окружающей среды	35
Вопросы для самопроверки	36
II. РУДНИЧНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ	37
4. САМОХОДНЫЕ ПОГРУЗОЧНО-ТРАНСПОРТНЫЕ И ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ	37
4.1. Общие сведения и классификация	37
4.2. Комплексы самоходных машин для очистных и подготовительных работ	39
4.3. Конструктивные особенности самоходных погрузочно-транспортных и транспортных машин	41
4.4. Передача тягового усилия и торможение самоходных машин	49
Вопросы для самопроверки	52
5. ТИПЫ И ПАРАМЕТРЫ САМОХОДНЫХ МАШИН	53
5.1. Параметры самоходных погрузочно-транспортных машин типа ПД с дизельным приводом	53
5.2. Погрузочно-транспортные машины с электрическим приводом	56
5.3. Погрузочно-транспортные машины с погрузочным ковшом и грузонесущим кузовом	59
5.4. Дистанционное управление и автоматизация погрузочно-транспортных машин	61
5.5. Самоходные транспортные машины	62
5.6. Эксплуатационный расчет самоходных машин	66
Вопросы для самопроверки	72
Задачи и упражнения	73
6. ЭКСПЛУАТАЦИЯ САМОХОДНЫХ МАШИН	74
6.1. Выработки и дороги для самоходных машин	74
6.2. Эксплуатация, техническое обслуживание и ремонт самоходных машин	75
6.3. Правила безопасности	78
Вопросы для самопроверки	79
7. СКРЕПЕРНЫЕ УСТАНОВКИ	80
7.1. Принцип действия и область применения	80

7.2. Оборудование скреперных установок.....	81
7.3. Расчет скреперных установок.....	88
7.4. Эксплуатация и правила безопасности	90
Вопросы для самопроверки.....	91
8. РЕЛЬСОВЫЕ ПУТИ ЛОКОМОТИВНОГО ТРАНСПОРТА	92
8.1. Устройство рельсового пути.....	92
8.2. Укладка рельсового пути	95
8.3. Путевое оборудование для проведения подготовительных выработок.....	99
8.4. Эксплуатация рельсового пути.....	99
Вопросы для самопроверки.....	100
9. РУДНИЧНЫЕ ВАГОНЕТКИ	101
9.1. Типы рудничных вагонеток.....	101
9.2. Устройство и область применения вагонеток.....	105
9.3. Эксплуатация вагонеток	108
Вопросы для самопроверки.	108
10. РУДНИЧНЫЕ ЛОКОМОТИВЫ	109
10.1. Классификация и область применения.....	109
10.2. Конструктивное исполнение электровозов и их механическое оборудование	110
10.3. Электрическое оборудование электровозов.....	116
10.4. Тяговая сеть, преобразовательные подстанции, гаражи.....	118
10.5. Эксплуатационный расчет электровозного транспорта	121
10.6. Организация движения электровозного транспорта.....	129
10.7. Эксплуатация, техническое обслуживание и ремонт электровозов.....	133
10.8. Эксплуатация тяговой сети.....	134
Вопросы для самопроверки.....	135
11. ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОВОЗНОГО ТРАНСПОРТА НА ПОГРУЗОЧНЫХ ПУНКТАХ И В ОКОЛОСТВОЛЬНОМ ДВОРЕ	136
11.1. Устройства для загрузки вагонеток	136
11.2. Типы и схемы околоствольных дворов	136
11.3. Оборудование околоствольных дворов.....	137
Вопросы для самопроверки.....	142
III. МАШИНЫ РУДНИЧНОГО ТРАНСПОРТА НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ.....	143
12. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ДОСТАВКИ ПОД ДЕЙСТВИЕМ СОБСТВЕННОГО ВЕСА.....	143
12.1. Общие сведения	143
12.2. Доставка руды в забоях и по рудоспускам.....	144
12.3. Люки, оборудованные затворами и питателями	146
12.4. Эксплуатация и правила безопасности.....	149
Вопросы для самопроверки.....	150
13. КОНВЕЙЕРНЫЙ ТРАНСПОРТ.....	151
13.1. Общие сведения	151
13.2. Классификация, область применения и схемы конвейерного транспорта	151
Вопросы для самопроверки.....	157
14. КАЧАЮЩИЕСЯ И ВИБРАЦИОННЫЕ КОНВЕЙЕРЫ И ПИТАТЕЛИ.....	158
14.1. Принцип действия и схемы качающихся и вибрационных конвейеров и питателей.....	158
14.2. Устройство вибрационных питателей и конвейеров 	160
14.3. Типы и параметры вибрационных питателей и конвейеров, используемых для выпуска, погрузки и доставки руды	162
14.4. Эксплуатационный расчет вибропитателей.....	168
14.5. Монтаж, эксплуатация и техническое обслуживание вибропитателей	170
Вопросы для самопроверки.....	171
15. ЛЕНТОЧНЫЕ КОНВЕЙЕРЫ.....	172
15.1. Схемы ленточных конвейеров.....	172
15.2. Основные сборочные единицы ленточных конвейеров	173
15.3. Типы ленточных конвейеров	182
15.4. Специальные ленточные конвейеры	184
15.5. Эксплуатационный расчет ленточного конвейера.....	189

15.6. Автоматизация ленточных конвейеров и конвейерных линий	195
15.7. Монтаж, эксплуатация и техническое обслуживание ленточных конвейеров.....	196
Вопросы для самопроверки.....	199
Задачи и упражнения	199
16. СКРЕБКОВЫЕ и ПЛАСТИНЧАТЫЕ КОНВЕЙЕРЫ	201
16.1. Тяговые цепи и передача тягового усилия зацеплением.....	201
16.2. Скребковые конвейеры	202
16.3. Эксплуатация и техническое обслуживание скребковых конвейеров.....	207
16.4. Пластинчатые конвейеры.....	208
Вопросы для самопроверки.....	209
17. ПНЕВМАТИЧЕСКИЙ И ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ ТРУБОПРОВОДНЫЙ ТРАНСПОРТ	210
17.1. Схемы трубопроводного транспорта и области его применения.....	210
17.2. Оборудование трубопроводного транспорта	213
17.3. Расчет основных параметров трубопроводного транспорта	216
17.4. Автоматизация, эксплуатация и правила безопасности	218
Вопросы для самопроверки.....	218
Задачи и упражнения	219
IV. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РУДНИЧНЫЙ ТРАНСПОРТ ДЛЯ ДОСТАВКИ МАТЕРИАЛОВ, ОБОРУДОВАНИЯ И ЛЮДЕЙ.....	220
18. ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ ДЛЯ ДОСТАВКИ МАТЕРИАЛОВ, ОБОРУДОВАНИЯ И ЛЮДЕЙ.....	220
18.1. Средства вспомогательного транспорта и области их применения.....	220
18.2. Напеченные средства вспомогательного транспорта	221
18.3. Подвесные средства вспомогательного транспорта	226
18.4. Механизация погрузочно-разгрузочных и монтажных работ	226
18.5. Эксплуатация средств вспомогательного транспорта	227
Вопросы для самопроверки.....	227
V. ОБОРУДОВАНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ КОМПЛЕКСОВ НА ПОВЕРХНОСТИ РУДНОЙ ШАХТЫ.....	228
19. ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ НА ПОВЕРХНОСТИ ШАХТЫ	228
19.1. Промплощадка рудной шахты.....	228
19.2. Технологический комплекс поверхности.....	229
19.3. Погрузочные устройства железнодорожных вагонов.....	231
19.4. Оборудование складов и отвалов	232
19.5. Транспорт руды от шахты.....	233
Вопросы для самопроверки.....	235
VI. КАРЬЕРНЫЙ ТРАНСПОРТ	236
20. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О КАРЬЕРНОМ ТРАНСПОРТЕ	236
20.1. Виды карьерного транспорта.....	236
20.2. Области применения карьерного транспорта	236
21. ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ТРАНСПОРТ	238
21.1. Рельсовые пути.....	238
21.2. Подвижной состав железнодорожного транспорта	238
21.3. Организация работы железнодорожного транспорта в карьере.....	240
22. АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ	241
22.1. Автомобильные дороги.....	241
22.2. Подвижной состав.....	241
22.3. Организация работы автотранспорта	243
23. КОНВЕЙЕРНЫЙ ТРАНСПОРТ.....	245
23.1. Схемы карьерного конвейерного транспорта	245
23.2. Конструктивные особенности карьерных ленточных конвейеров.....	247
23.3. Автоматизация и эксплуатация конвейерного транспорта.....	247
24. КОМБИНИРОВАННЫЙ ТРАНСПОРТ.....	249
24.1. Основные звенья комбинированного транспорта.....	249
24.2. Автомобильно-железнодорожный транспорт	250
24.3. Автомобильно-конвейерный транспорт.....	251

Вопросы для самопроверки.....	253
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	255

ВВЕДЕНИЕ

В нашей стране подземным способом добывают около 30% металлических руд и горно-химического сырья, однако на подземных работах занято значительно большее количество трудящихся, чем на открытых работах. Это объясняется тем, что при подземном способе разрабатывают менее мощные, чем при открытом способе, или глубокозалегающие месторождения.

Открытый способ разработки позволяет использовать мощное высокопроизводительное оборудование, обеспечивающее более низкую себестоимость добычи руды, но с увеличением глубины разработки этот способ при определенных горно-технических условиях становится менее выгодным. Кроме того, при открытом способе разработки нарушается земная поверхность, значительные площади занимают отвалы пустой породы. С целью охраны окружающей среды приходится затрачивать большие средства на рекультивацию нарушенных земель.

Основным направлением дальнейшего развития отечественной горно-добывающей промышленности является повышение производительности труда за счет технического перевооружения предприятий на базе новой высокопроизводительной техники и внедрения передовой технологии горных работ. Развитие техники для добычи руд базируется на применении комплексов машин и оборудования, обеспечивающих механизацию и автоматизацию всех производственных процессов.

Одним из наиболее важных звеньев в комплексной механизации подземной добычи руд является процесс перемещения руды от забоя до поверхности, включая операции выпуска, погрузки и доставки ее в пределах очистного забоя и транспорта от магистральных выработок до ствола шахты. На доставку и транспортирование руды приходится около 50% всех затрат по добыче.

К современным машинам рудничного транспорта предъявляются такие основные требования, как высокий уровень качества, надежности, долговечности, агрегатирование, стандартизация и унификация сборочных единиц, обеспечивающие сборку транспортных машин многоцелевого назначения, соблюдение санитарных норм по уровню шума, вибрации и запыленности, автоматизация на базе микропроцессорной техники и дистанционное управление транспортными машинами.

На предприятиях горно-рудной промышленности в зависимости от назначения и горно-геологических условий используют различные виды транспортных машин.

При подземной разработке крепких руд черных и цветных: металлов в качестве основных видов рудничного транспорта применяют доставку под действием собственного веса, скреперные установки, самоходные погрузочно-транспортные машины, подземные автосамосвалы, различные конструкции питателей и конвейеров, локомотивный рельсовый транспорт.

Основным направлением на подземных горных работах по добыче руд цветных металлов является дальнейшее внедрение высокопроизводительного самоходного оборудования с дизельным или электрическим приводом для перевозки полезного ископаемого, вспомогательных грузов и людей. На отечественных рудных шахтах погрузочно-транспортными машинами и автосамосвалами доставляется около 50% руд цветных металлов, что позволяет повысить производительность труда забойного рабочего на очистных работах в 1,5—2 раза, на подготовительных: работах — в 3—4 раза, а также сократить в 1,5—2 раза объем: подготовительно-нарезных работ на 1000 т добытой руды по сравнению со скреперной доставкой, снизить себестоимость добычи руды на 20—30%.

На выпуске и доставке руды расширяется область применения комплексов транспортных машин непрерывного действия, вибрационных питателей и конвейеров, позволяющих перейти на поточную технологию подземных горных работ, снизить себестоимость добычи руды и увеличить более чем в 2 раза производительность труда рабочего по блоку.

На отечественных рудных шахтах при разработке крепких: руд широко применяют вибрационные питатели с донным выпуском руды и погрузкой в вагонетки локомотивного магистрального транспорта или автосамосвалы, а также на скреперный: штрек или в рудоспуск. Техническая производительность современных вибрационных питателей составляет 900—1200 т/ч.

Применение конвейерного транспорта на разработке полезных ископаемых обеспечивает непрерывность грузопотока, ритмичность работы и повышение производительности труда при наиболее низкой энергоемкости и трудоемкости процессов доставки и транспортирования руды.

На добыче калийных и марганцевых руд наибольшее распространение получили ленточные конвейеры. При системах разработки калийных руд длинными очистными забоями и марганцевых руд длинными столбами с заходками с комбайновой выемкой возможна полная конвейеризация транспорта руды от забоя до поверхности.

Ленточные конвейеры обычной конструкции со стационарными роlikоопорами могут транспортировать горную массу с размерами отдельных кусков не более 350—500 мм, поэтому при подземной разработке крепких руд цветных и черных металлов ленточные конвейеры на отечественных рудных шахтах: применяют для транспортирования только дробленой руды, в основном, для ее выдачи по наклонным стволам на поверхность.

Область применения ленточных конвейеров на доставке крепких руд может быть расширена путем использования передвижных малогабаритных дробильных установок и полустационарных легкоразборных участковых дробилок. Ведутся работы по созданию конвейеров, обеспечивающих доставку крупнокусковой руды без предварительного дробления.

На отечественных шахтах по добыче руд черных и цветных металлов основным видом транспорта по магистральным горизонтальным выработкам является электровозная откатка. Сцепной вес отечественных контактных электровозов составляет 140—280 кН, вместимость вагонеток 9—10 м³, грузоподъемность одного локомотивосостава—до 180—200 т. Средняя длина транспортирования на железорудных шахтах 1,5—2 км, в отдельных случаях — 3—4 км.

Основное направление развития электровозной откатки — внедрение поточной технологии транспорта руды вагонетками с межкузовным перекрытием и донной разгрузкой, обеспечивающими непрерывный процесс погрузки и разгрузки состава. Это позволяет увеличить в 1,5—2 раза производительность электровозной откатки и в 5—6 раз повысить пропускную способность погрузочных пунктов.

При системах разработки руд с закладкой выработанного пространства широко применяют трубопроводный транспорт закладочных материалов. При разработке руд с закладкой выработанного пространства в нашей стране добывают около 30% руд цветных металлов и около 10% руд черных металлов. Особенно эффективно применение твердеющей закладки, доставляемой к месту укладки трубопроводным самотечным и самотечно-пневматическим транспортом. Использование твердеющей закладки позволяет повысить извлечение руды до 95—96% и снизить ее разубоживание, создать условия для охраны земной поверхности от обрушения. Дальнейшее внедрение систем разработки руд с закладкой особенно актуально в связи с охраной окружающей среды и развитием безотходного производства за счет использования отходов переработки руд и попутно добываемых пород в качестве компонентов закладочных материалов. Важная роль в повышении производительности и облегчении труда горняков возложена на механизацию вспомогательных трудоемких процессов, в том числе доставки различных вспомогательных грузов, оборудования и людей. В качестве вспомогательного транспорта широко применяют специальные платформы вагонетки, самоходные транспортные машины, подвесные моноканатные дороги и канатную откатку. Наиболее универсальными являются специализированные самоходные машины на базе унифицированного шасси, на котором смонтированы установки различного назначения.

При разработке руд открытым способом широко применяют железнодорожный и автомобильный транспорт. Дальнейшее развитие карьерного железнодорожного транспорта направлено на более полное использование локомотивов и тяговых агрегатов с большим сцепным весом, повышение грузоподъемности вагонов-думпкаров, а развитие автомобильного транспорта — на повышение надежности и грузоподъемности карьерных автосамосвалов.

Расширяется область применения конвейерного транспорта для перемещения мягких вскрышных пород и скальных пород с предварительным дроблением. Вследствие увеличения глубины карьеров особое развитие получает автомобильно-конвейерный транспорт, обеспечивающий высокопроизводительную циклично-поточную технологию открытой разработки рудных месторождений.

В создании и развитии средств рудничного транспорта большая роль принадлежит русским инженерам и ученым. По проектам русских изобретателей было создано много

оригинальных транспортных установок для горно-добывающей промышленности. Работы русского ученого А.И. Узатиса, академиков А.М. Терпигорева и Л.Д. Шевякова и других сыграли важную роль в развитии рудничного транспорта. Основоположником науки о рудничном транспорте является чл.-корр. АН СССР проф. А.О. Спиваковский. Большой вклад в дальнейшее развитие рудничного транспорта внесли коллективы научно-исследовательских и проектно-конструкторских институтов, вузов и горно-добывающих предприятий.

При создании этого учебника автором использован опыт отечественных и зарубежных достижений в области рудничного транспорта.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ, ОСНОВЫ РАСЧЕТА, ЭКСПЛУАТАЦИИ И РЕМОНТА ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РУДНИЧНОМ ТРАНСПОРТЕ

1.1. Назначение рудничного транспорта в технологическом комплексе горно-рудных предприятий

Рудничный транспорт рудных шахт представляет собой многозвенную систему, состоящую из различных транспортных машин и установок, выполняющих следующие функции:

- транспортирование полезного ископаемого от очистных забоев, полезного ископаемого и породы из подготовительных забоев до околоствольного двора или до поверхности шахты, а также транспортирование полезного ископаемого по поверхности до склада или до мест погрузки в вагоны железнодорожного транспорта и породы в отвал;
- транспортирование с поверхности шахты к очистным и подготовительным забоям и обратно вспомогательных грузов различного назначения и оборудования;
- транспортирование с поверхности шахты закладочных материалов к местам их укладки;
- перевозка людей к местам их работы и обратно.

На открытых работах рудничный транспорт выполняет функции: перемещения полезного ископаемого из карьера на поверхность и по поверхности до обогатительной фабрики, мест погрузки в другие транспортные средства; транспортирования породы в отвал при ведении вскрышных работ; транспортирования различного оборудования в карьер к местам проведения работ.

Комплекс подземных и открытых горных работ включает в себя технологически взаимосвязанные основные и вспомогательные производственные процессы.

К *основным процессам* относятся: подготовка к выемке и отбойка руды или породы; выемочно-погрузочные работы; перемещение горной массы; крепление и закладка выработанного пространства (для подземных работ); складирование руды или ее отгрузка потребителю и складирование (отвалообразование) пустых пород.

Вспомогательные процессы обеспечивают возможность выполнения основных процессов. К *вспомогательным процессам* относятся: электроснабжение, вентиляция, водоотлив, монтажно-демонтажные и ремонтные работы; перемещение людей, материалов и оборудования; геолого-маркшейдерские работы.

В настоящее время на всех отечественных горно-рудных предприятиях почти полностью механизированы основные и вспомогательные технологические процессы, что соответствует *комплексной механизации* добычи полезных ископаемых.

Связующим звеном между процессами выемки горной массы и ее переработки или складирования является транспорт, обеспечивающий технологическую связь между отдельными процессами по добыче полезных ископаемых.

В зависимости от места расположения различают: внутренний (подземный или карьерный) транспорт, служащий для перемещения грузов от забоя до поверхности шахты или карьера; транспорт на поверхности — в надшахтных зданиях, породных отвалах, складах; цеховой транспорт, предназначенный для перемещения руды на дробильно-сортировочных и обогатительных фабриках, если они имеются на горно-добывающем предприятии в соответствии с принятой технологией переработки полезного ископаемого; внешний транспорт, предназначенный для перемещения полезного ископаемого от горно-добывающего предприятия к потребителю.

Внутренний подземный или карьерный транспорт в зависимости от вида транспортируемых грузов подразделяют на основной, предназначенный для перемещения руды и пустой породы, и вспомогательный, предназначенный для перемещения людей, оборудования и различных материалов. Кроме этого при разработке руды подземным способом внутренний транспорт в зависимости от места расположения подразделяют на доставку — перемещение рудной массы от забоя очистной выемки до откаточного горизонта, магистральный транспорт — перемещение рудной массы от мест погрузки из очистных забоев или рудоспусков по выработкам к шахтному стволу или удаленному от очистного блока

капитальному рудоспуску и далее к шахтному стволу, подъем — транспортирование руды по наклонным или вертикальным шахтным стволам*.

Перемещение горной массы в шахте или карьере от добычного забоя до пунктов переработки или складирования осуществляют транспортными машинами одного вида или нескольких видов с перегрузкой с одного вида транспорта на другой. Цепь взаимосвязанных и управляемых транспортных машин и механизмов, включающих перегрузочные пункты, средства диспетчеризации и автоматизации и обеспечивающих надежное перемещение горной массы в заданном направлении, называется *транспортным комплексом*. Транспортный комплекс, включающий различные виды транспортных машин, называется комбинированным транспортным комплексом или просто *комбинированным транспортом*. Набор оборудования транспортного комплекса, обеспечивающий взаимное согласование параметров оборудования, заданную производительность и полную механизацию перегрузочных и других необходимых операций между отдельными видами транспорта, характеризует *комплектность* подобранного набора оборудования транспортного комплекса.

Выбор видов и средств рудничного транспорта или транспортных комплексов зависит от системы вскрытия месторождения, системы разработки, способов отбойки руды и породы (взрывной или механической), характеристики транспортируемых грузов, расстояния перемещения, производительности, схем организации и масштабов горных работ.

1.2. Классификация и область применения средств рудничного транспорта

В зависимости от условий эксплуатации и конструктивных исполнений все средства рудничного транспорта, используемые на рудных шахтах и карьерах, можно классифицировать по принципу действия, способу перемещения груза, виду грузонесущего органа, конструкции тягового органа и способу передачи тягового усилия, времени работы на одном месте, конструктивным признакам (рис. 1.1).



Рис. 1.1. Классификация рудничного транспорта.

По принципу действия средства рудничного транспорта подразделяют на установки непрерывного действия, перемещающие грузы непрерывным потоком с загрузкой и разгрузкой при движении рабочего органа, и периодического действия, загрузку и разгрузку которых

* Подъем горной массы по наклонным (свыше 30°) стволам и вертикальным стволам производят стационарными подъемными машинами, которые изучаются в других курсах.

производят при полной остановке транспортных установок или на малой скорости их перемещения. Работа транспортных установок периодического действия характеризуется периодами во времени или циклами.

По способу перемещения груза и виду грузонесущего органа различают транспортные установки, на которых груз перемещается: по неподвижным наклонным желобам или почве под действием силы веса или принудительным волочением; на подвижных грузонесущих элементах, например, на ленте конвейера, в кузове вагонетки или автомобиля, ковше погрузочно-транспортной машины; по качающимся и вибрационным желобам под действием инерции; по неподвижным желобам или трубам в рабочей водной среде и неподвижным трубам в воздушной среде.

В транспортных установках могут применяться различные тяговые органы: гибкие (ленты, которые одновременно выполняют функции тягового и несущего органа, канаты, цепи); колеса жесткие, взаимодействующие с рельсовым путем, и эластичные, обрешиненные или с пневмошинами, взаимодействующие с почвой или дорожным покрытием; гусеничные механизмы.

В зависимости от типа и конструкции тягового органа тяговое усилие — управляемая внешняя сила, создаваемая приводом при взаимодействии с опорами и приложенная к тяговым органам — может передаваться: трением между приводным барабаном и лентой или между приводным шкивом и канатом; зацеплением между приводной звездочкой и тяговой цепью; навивкой концевого каната на барабан лебедки; сцеплением колес с рельсами или почвой; рабочей средой — в гидро- и пневмотранспортных установках; силой гравитации — в установках, транспортирующих груз под действием его силы веса; силой инерции — в качающихся и вибрационных конвейерах.

По виду привода и подводимой энергии различают транспортные установки с электрическим приводом, с питанием через контактный провод, гибкий кабель или от аккумуляторных батарей, дизельным, дизель-электрическим, пневматическим, гироскопическим приводом.

По времени работы рудничного транспорта на одном месте различают: с а м о х о д и ы е установки, передвигающиеся постоянно вместе с грузом (погрузочно-транспортные машины, автосамосвалы); передвижные, которые по условиям технологии разработки перемещают груз периодически через небольшие промежутки времени (скреперные лебедки, забойные конвейеры); полустационарные, перемещающие груз через относительно большие промежутки времени, чем передвижные; стационарные, характеризующиеся длительной (более 1,5 лет) эксплуатацией на одном рабочем месте (конвейерный или локомотивный транспорт по капитальным выработкам).

На предприятиях горно-рудной промышленности применяют различные виды транспортных машин, отличающихся между собой по конструктивным признакам. Так, при подземной разработке крепких руд в качестве основных видов транспорта широко используют доставку под действием силы веса, скреперные установки, самоходные погрузочные и погрузочно-транспортные машины, подземные автосамосвалы, вибрационные питатели и конвейеры, электровозную откатку, гидро- и пневмотранспортные установки, подвесные канатные дороги с кольцевым движением, а в качестве вспомогательных видов подземного транспорта — монорельсовые и канатные дороги, различные самоходные установки. При разработке мягких руд широко используют скребковые и ленточные конвейеры, самоходные вагоны. На открытых разработках широко применяются железнодорожный, автомобильный, комбинированный и другие виды транспорта.

К рудничному транспорту относится также различное вспомогательное оборудование: затворы, вагоноопрокидыватели, толкатели, лебедки, путевое оборудование и др.

Конструкции средств рудничного транспорта одного вида, но с разными производительностью, мощностью и габаритами характеризуются параметрическим рядом, т. е. последовательностью числовых значений основных параметров, определяющих размеры машин. Например, в качестве основного параметра для погрузочно-транспортной машины принята грузоподъемность ковша или кузова, для ленточного конвейера — ширина ленты, для шахтных вагонов — вместимость кузова и т. д. Ряд основных параметров одного вида машин, дополненный другими характеристиками, называется *размерным рядом* или *типажей*. Типажи существуют почти на все горно-транспортные машины. На основании типажей разработаны

ГОСТы, которые регламентируют параметры транспортных машин, применяемых на рудных шахтах и карьерах.

1.3. Виды и характеристика транспортируемых грузов

Одними из основных критериев правильного выбора и надежной эксплуатации транспортных машин являются вид транспортируемого груза и его характеристика.

При добыче полезных ископаемых наибольшую долю в процессе транспортирования составляют насыпные грузы — полезное ископаемое и порода, выдаваемые из шахты или карьера. Другими видами грузов, подаваемыми к месту проведения горных работ, являются штучные грузы (оборудование, вспомогательные материалы), растворы (цементно-песчаные и бетонные для закладочных работ); наливные грузы (горюче-смазочные материалы, вода, эмульсии).

Основными характеристиками насыпных грузов являются кусковатость, плотность, угол естественного откоса, крепость, абразивность, содержание глинистых частиц, влажность, степень примерзания и налипания и др. По совокупности характеристик насыпных грузов определяют относительный показатель трудности транспортирования горной массы.

Кусковатость, или гранулометрический состав, характеризуется количественным распределением частиц (кусков) насыпного груза по крупности в отбитой горной массе. Крупность определяется линейным размером куска груза в наибольшем измерении.

Насыпные грузы называются *рядовыми*, если отношение максимального размера куска, содержащегося в разрыхленной массе, к минимальному равно или больше 2,5, и *сортированными*, если это соотношение меньше 2,5.

Для породы, угля и большинства других насыпных грузов, исключая руду, принята следующая градация по крупности кусков: особо крупнокусковые — размер куска более 320 мм; крупнокусковые — 320÷160 мм; среднекусковые — 60÷160 мм; мелкокусковые — 10÷60 мм; зернистые — 0,5÷10 мм; порошкообразные — 0,05÷0,5 мм; пылевидные — менее 0,05 мм.

Для определения кусковатости руды существует другая градация по крупности кусков: руда очень крупная — более 600 мм, крупнокусковая — 300÷600 мм, среднекусковая — 100÷300 мм, рудная мелочь — менее 100 мм.

Максимально допустимый размер куска, способного свободно проходить по перепускным выработкам через люки, размещаться в ковше погрузочно-транспортной машины или экскаватора, на рабочих органах транспортных установок или другого технологического оборудования, называется *габаритным* или *кондиционным* куском. В зависимости от типа горнодобывающего предприятия размеры кондиционного куска могут составлять от 200—300 до 1200—1500 мм. Кусок руды, превышающий по размерам кондиционный, называется *негабаритом*. После взрывной отбойки негабарит перед погрузкой и транспортированием разрушают в забое вторичным дроблением.

Отношение массы негабарита к общей массе отбитой руды называется *выходом негабарита* и выражается в процентах.

Т а б л и ц а 1.1

Характеристики насыпных грузов

Насыпной груз	Насыпная плотность, т/м ³	Угол естественного откоса, градус		Группа абразивности
		в покое	в движении	
Скальные породы	1,85 - 2,35	40—45	29—31	<i>D</i>
Рядовой каменный уголь	0,8 - 0,95	30—40	19—28	<i>B</i>
Антрацит	0,95 - 1	40—45	25—28	<i>C</i>
Руда черных и цветных металлов среднекусковая	2,1 - 3,5	30—50	23—35	<i>D</i>
Земля грунтовая сырая	1,6 - 1,9	35—45	25—35	<i>D</i>
Глина сырая	1,9 - 2	25—30	—	<i>B</i>
Гравий	1,5 - 2	45	30	<i>B</i>
Песок влажный	1,5 - 1,7	50	35	<i>C</i>

Щебень сухой	1,5 - 1,8	45	35	<i>D</i>
Цемент	1 - 1,8	40	30	<i>C</i>

По кусковатости транспортируемого груза выбирают вид транспорта, размеры грузонесущих органов и габариты транспортных машин. Например, при максимальном размере куска руды или породы до 300 мм, получаемого путем механической отбойки или вторичного дробления, обычно применяют конвейерный транспорт, для транспортирования горной массы с большими размерами кусков — другие виды транспорта. Размеры грузонесущих органов также выбирают по максимальному размеру транспортируемого куска.

Плотность — отношение массы груза к занимаемому им объему (m/m^3). Различают плотность монолитной породы в массиве γ_m и плотность разрыхленной горной массы γ — *насыпную плотность* (табл. 1.1). Плотность горной массы в насыпке зависит от крупности кусков, влажности и других факторов. Плотность руды в насыпке, подлежащей транспортированию, $\gamma=1,8\div3,5$ т/м³, плотность вскрышных пород $\gamma=1,2\div2$ т/м³.

Отношение плотности горной массы в массиве к плотности разрыхленной горной массы называют *коэффициентом разрыхления*: $k_p = \gamma_m/\gamma > 1$. Коэффициент разрыхления характеризует увеличение объема разрыхленной горной массы по сравнению с объемом в массиве. Для крепких пород и руды $k_p = 1,4\div1,8$, для мягких пород $k_p = 1,2\div1,3$.

Насыпную плотность горной массы учитывают при определении производительности транспортных машин и выполнении тяговых расчетов.

Угол естественного откоса насыпного груза — это угол, образуемый боковой поверхностью горной массы в свободной насыпке и горизонтальной плоскостью характеризующий степень взаимной подвижности отдельных частиц горной массы.

Тангенс угла естественного откоса называют *коэффициентом внутреннего трения* горной массы.

Различают угол естественного откоса в покое ϕ_n и угол естественного откоса в движении ϕ_d (см. табл. 1.1), причем $\phi_d < \phi_n$, так как при перемещении горной массы происходит ее встряхивание или ворошение. Обычно $\phi_d = (0,35\div0,7)\phi_n$. Величина угла естественного откоса ϕ_d зависит от кусковатости горной массы, влажности и других характеристик. Так, например, для мягких вскрышных пород $\phi_d=15\div20^\circ$, для руд черных и цветных металлов $\phi_d = 30\div35^\circ$.

По величине угла естественного откоса в движении определяют площадь поперечного сечения или объем насыпного груза на грузонесущих органах транспортных установок.

Крепость горных пород характеризуется коэффициентом крепости по шкале проф. М. М. Протодяконова:

$$f_k = \sigma_{ж}/10$$

где $\sigma_{ж}$ — временное сопротивление разрушению образца породы, МПа.

Для всех горных пород $f_k = 0,5\div20$. В зависимости от величины коэффициента крепости различают породы: некрепкие ($f_k \leq 3$); средней крепости ($f_k = 4\div9$); крепкие ($f_k = 10\div14$); весьма крепкие ($f_k = 15\div20$). При разработке некрепких пород в том числе калийных и марганцевых руд, применяют механическую отбойку, пород и руд средней крепости и выше — взрывную отбойку.

Абразивность — свойство горной массы истирать (изнашивать) взаимодействующие с нею поверхности (загрузочные лотки, кузова вагонов и автомобилей, конвейерные ленты и т. д.) в процессе погрузки, транспортирования и разгрузки. Транспортируемые горные породы по абразивности разделяют на четыре группы (см. табл. 1.1): *A* — неабразивные, *B* — малоабразивные, *C* — средней и *D* — высокой абразивности. Группа абразивности зависит от крепости, размеров и формы частиц горной массы. Крепкие и весьма крепкие руды и вскрышные породы являются высокоабразивными. При транспортировании их грузонесущие и другие элементы средств рудничного транспорта подвергаются интенсивному износу.

При выборе и эксплуатации транспортных машин, применяемых для перевозки средне- и высокоабразивных насыпных грузов, необходимо принимать меры по снижению износа грузонесущих элементов путем подбора соответствующих материалов, использования защитных футеровок, выбора оптимального режима работы машин.

Влажность насыпных грузов определяют по соотношению массы испарившейся в сушильном шкафу воды предварительно-взвешенной порции груза к массе оставшихся твердых частиц и выражают в процентах. Влажность зависит от влагоемкости; груза (способности к

поглощению влаги) и притока воды. В шахтных условиях влажность руды обычно не превышает 2—3%. При содержании влаги более 3% и отрицательных температурах насыпные грузы склонны к смерзанию.

Влажная горная масса, находящаяся некоторое время в неподвижном состоянии, подвергается слеживанию — уплотнению. Содержание во влажной горной массе глинистых частиц повышает ее слёживаемость и липкость.

Липкость, слёживаемость и смерзаемость, а также кусковатость, определяют склонность насыпных грузов к *сводообразованию* — самопроизвольному возникновению сводов под выпускными отверстиями блоков, рудоспусков, бункеров и других емкостей. Сводообразование препятствует свободному истечению насыпных грузов из отверстий емкостей.

При выпуске руды под залегающими обрушенными породами, а также при ее доставке волочением или скольжением по почве выработок происходит разубоживание руды — засорение ее вмещающими породами. Уменьшить разубоживание руды можно путем правильного выбора режима доставки, применения различных направляющих и выполнения специальных мероприятий.

Основными характеристиками подлежащих транспортированию цементных растворов и бетонной смеси, используемых в строительстве, являются *плотность* и *срок схватывания* — их необходимо учитывать при выборе вида транспортной установки и максимального времени транспортирования.

Штучные грузы транспортируют либо отдельно (например, машины, их узлы, различное оборудование), либо упакованными в контейнеры, пакеты, кассеты. Основными характеристиками отдельно транспортируемых штучных грузов или их упаковок являются габариты, форма и масса. По этим трем основным параметрам определяют вид и конструкцию транспортной установки. Для перевозки людей применяют специальные транспортные машины.

Наливные грузы, основную долю которых составляют горюче-смазочные материалы для самоходных машин, характеризуются, в основном, плотностью. Такие грузы перевозят в автоцистернах или подают по трубам с поверхности шахты.

1.4. Грузопотоки горно-рудных предприятий

Объем перемещаемых грузов рудничным транспортом определяется величиной грузооборота, характеризующего мощность горно-рудного предприятия. *Грузооборот* — количество груза (в тоннах или кубических метрах), перемещаемого в единицу времени (смену, сутки, год). Необходимая производительность средств рудничного транспорта характеризуется *грузопотоком* — количеством груза определенного вида (в тоннах или кубических метрах), перемещаемого в определенном направлении в единицу времени. Грузопоток на горно-рудном предприятии технологически увязывает комплекс транспортных машин от забоя до поверхности шахты или карьера.

Потоки однородных грузов, поступающие из одного забоя в один пункт разгрузки, называются элементарным грузопотоком. Несколько элементарных соединяющихся грузопотоков образуют сходящийся грузопоток, а один грузопоток, поступающий из одного забоя и разделяющийся затем на несколько грузопотоков, следующих к различным пунктам разгрузки, называется расходящимся грузопотоком. Грузопоток, вначале сходящийся, а потом расходящийся, называется сложным грузопотоком.

В зависимости от направления перемещения грузов различают прямые грузопотоки полезного ископаемого и породы, поступающие из шахты или карьера, и обратные (встречные) грузопотоки различного оборудования и вспомогательных грузов, закладочного материала для закладок выработанного пространства шахты.

Грузопотоки горных предприятий значительно изменяются во времени, что связано с горно-геологическими условиями, режимом работы выемочно-погрузочного оборудования, организационными и другими факторами. Изменение грузопотока во времени характеризуется коэффициентом неравномерности

$$k_n = \frac{Q_{\max}}{Q_{\text{ср}}} > 1$$

где $Q_{\max}$ — максимальное значение грузопотока в единицу времени, т/ч (т/мин); $Q_{\text{ср}}$ — средний грузопоток за время работы в течение смены, т/ч (т/мин). Средний грузопоток

$$Q_{cp} = \frac{Q_{cm}}{t_{cm}}$$

где Q_{cm} — сменный грузопоток, т; t_{cm} — длительность смены, ч (мин).

Для грузопотоков из очистных забоев рудных шахт коэффициент неравномерности $k_n = 1,5 \div 2$, по магистральным выработкам — $k_n = 1, \div 1,5$.

Расчетный грузопоток (т/ч), по которому выбирают производительность транспортной машины,

$$Q_p = \frac{Q_{cm} k_n}{t_m} = \frac{Q_{cm} k_n}{t_{cm} k_n}$$

где t_m — машинное время — время работы машины за смену, ч (мин);

$k_n = t_m/t_{cm} < 1$ — коэффициент использования машины во времени (коэффициент машинного времени).

Производительность выбранной транспортной машины должна превышать расчетный грузопоток на 15—20%.

Максимальная величина грузопотока в рудных шахтах при использовании конвейерного транспорта в капитальных выработках достигает 7000 т/ч, локомотивного транспорта на откаточных горизонтах — от 400—500 до 4000—5000 т/смену.

Сглаживание неравномерности грузопотока, а следовательно, увеличение производительности средств рудничного транспорта и уменьшение их простоев, обеспечивается промежуточный: бункеризацией горной массы путем установки в транспортной линии аккумулирующих емкостей. На рудных шахтах роль аккумулирующих емкостей выполняют участковые и капитальные рудоспуски, а также подземные горные бункера. При добыче некрепких калийных руд комбайнами с использованием средств транспорта периодического действия (например, самоходных вагонов) применяют передвижные аккумулирующие емкости: (бункер-перегрузжатели), в которых накапливается руда при отсутствии под погрузкой самоходных вагонов. В карьерах роль аккумулирующих емкостей выполняют бункера или перегрузочные пункты, расположенные между выемочно-погрузочными и: транспортными средствами или на стыке различных видов транспорта.

Величину грузопотока вспомогательных грузов, доставляемых в шахту, определяют в зависимости от конкретных горно-геологических и производственно-технических условий разработки полезных ископаемых.

1.5. Оценка качества и надежности транспортных машин

Качество любой продукции, в том числе транспортных машин, характеризуется совокупностью свойств, обуславливающих их пригодность удовлетворять определенным потребностям в соответствии с их назначением. Характеристика свойств продукции, входящих в состав ее качества, рассматриваемая применительно к конкретным условиям ее создания и эксплуатации, называется *показателем качества*. К основным показателям качества транспортных машин относятся показатели надежности (безотказность, долговечность, ремонтпригодность), эргономические, эстетические, технологичности, транспортабельности, стандартизации и унификации, экологические и безопасности.

Одним из основных показателей качества транспортных машин или транспортных систем является *надежность* — способность машины (системы) выполнять заданные функции, сохраняя свои эксплуатационные показатели в течение требуемого промежутка времени. Надежность определяется безотказностью работы, долговечностью и ремонтпригодностью.

Безотказность — способность транспортной машины непрерывно сохранять работоспособность в течение некоторой наработки (продолжительности работы) без вынужденных перерывов. Событие, вызывающее нарушение работоспособности, называется *отказом*. Показателями безотказности являются вероятность безотказной работы и интенсивность отказов. Интенсивность отказов

$$l = T_{om}^{-1}$$

где T_{om} — наработка на отказ, определяющая среднее значение наработки машины между отказами, ч.

$$T_{om} = \frac{t}{n}$$

где t — время работы машины, ч; n — число отказов за это время.

При последовательной установке машин в транспортной цепи интенсивность отказов системы равна сумме отказов каждой машины данной системы. Надежность системы с параллельным расположением транспортных машин выше надежности системы с последовательным расположением машин.

Долговечность — свойство транспортной машины сохранять работоспособность до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонтов. К показателям долговечности относятся срок службы между капитальными ремонтами и срок службы до списания машины.

Ремонтопригодность — свойство транспортной машины, заключающееся в приспособленности ее к предупреждению и обнаружению причин повреждения и их устранению путем проведения ремонтов и технического обслуживания. Ремонтопригодность характеризуется средней продолжительностью восстановления отказа $T_{вос}$ (времени ликвидации неисправности) или коэффициентом ремонтопригодности.

$$K_{рем} = \frac{T_{вос}}{T_{от} + T_{вос}}$$

Комплексным показателем надежности является *коэффициент готовности* K_g , характеризующий безотказность и ремонтопригодность машины,

$$K_g = \frac{T_{вос}}{T_{от} + T_{вос}}$$

При последовательном соединении машин в транспортной системе коэффициент готовности системы равен произведению коэффициентов готовности каждой машины, следовательно, с увеличением числа машин надежность системы снижается. Коэффициент готовности влияет на показатели эксплуатационной производительности транспортных машин.

Транспортные комплексы рудных шахт с учетом их надежности можно разделить на основные группы:

- с параллельным соединением элементов транспортной системы, когда при отказе одного элемента другие продолжают работать (например, комплексы, в которые входят локомотивный или автомобильный транспорт);
- с последовательным соединением транспортных машин (например, конвейерная линия, состоящая из нескольких конвейеров), когда отказ одного элемента транспортной системы ведет к прекращению работы комплекса;
- с последовательным соединением элементов и промежуточным бункером, когда при отказе и последующем восстановлении одного элемента другие могут работать или простаивать в зависимости от степени заполнения промежуточного бункера;
- со смешанным соединением элементов, которые образуют группы с последовательным или параллельным соединением машин (например, вибрационный питатель, подающий руду на конвейерную линию с последующей перегрузкой руды через рудоспуск в вагонетки электровозного транспорта). В этом случае коэффициент готовности определяют для групп элементов, составляющих комплекс машин, причем каждую группу принимают за самостоятельный комплекс машин с последовательным или параллельным соединением элементов.

Эргономические показатели характеризуют взаимосвязь «человек—машина» и учитывают комплекс гигиенических, антропологических, физиологических и психологических свойств человека, проявляющихся в производственных процессах.

Эстетические показатели характеризуют информационную выразительность, рациональность формы и другие факторы (например, колорит красок, тщательность отделки поверхности, выполнения сочленений и округлений и т. д.).

Технологические показатели характеризуют оптимальное распределение затрат материалов, средств труда и времени, затраченных при подготовке машины к производству, ее изготовлении и эксплуатации.

Показатели *транспортабельности* характеризуют приспособленность машины к доставке, например, от завода-изготовителя до шахты и с поверхности шахты до места ее работы в подземных условиях.

Показатели *стандартизации* и *унификации* характеризуют насыщенность машины стандартными и унифицированными (единообразными) частями, узлами и целыми агрегатами, что позволяет комплектовать машины различного назначения из однотипных частей и агрегатов, повысить надежность машины, снизить трудоемкость ее изготовления и стоимость ремонта.

Экологические показатели характеризуют уровень вредных воздействий на окружающую среду при эксплуатации машины (например, концентрация вредных примесей в отработавших газах, выделяемых в атмосферу при работе дизельных двигателей).

Показатели *безопасности* характеризуют особенности машины, обуславливающие при ее использовании безопасность обслуживающего персонала*.

По приведенным выше показателям качества машины определяется ее уровень качества, т. е. относительная характеристика, основанная на сравнении совокупности показателей ее качества с соответствующей совокупностью базовых показателей. Базовый показатель качества машины обладает наиболее высокими достигнутыми параметрами и принимается за исходный при сравнительных оценках качества. Уровень качества, характеризуемый совокупностью базовых показателей, в которую входят технические и экономические показатели, называется *технико-экономическим уровнем качества* машины.

От успешного решения проблемы повышения качества транспортных машин зависит дальнейшее развитие комплексной механизации и автоматизации производственных процессов на рудных шахтах и карьерах.

1.6. Технико-экономическая эффективность применения рудничного транспорта

Технико-экономическая эффективность работы рудничного транспорта характеризуется такими основными показателями как производительность и потребное число транспортных машин при заданном грузообороте, расстояние транспортирования, организация движения и вспомогательных транспортных операций, производительность труда и уровень безопасности.

Обобщающим экономическим показателем технико-экономической эффективности рудничного транспорта является *сумма приведенных затрат*, приходящаяся на 1 т или 1 м³ транспортируемого груза (р/т или р/м³):

$$П = C + E_n K \rightarrow \min$$

где C — себестоимость погрузки и транспортирования 1 т или 1 м³ груза, р/т (р/м³); K — капитальные затраты, отнесенные к единице годового грузооборота (удельные капитальные затраты), р/т (р/м³); E_n — годовой нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений ($E_n = 0,15$). Капитальные затраты состоят из стоимости машин рудничного транспорта и расходов на транспортирование их к месту работы.

В себестоимость транспортирования входят: заработная плата обслуживающего персонала; начисления на заработную плату; амортизационные отчисления (стоимостное возмещение износа машин в процессе их эксплуатации) от суммы капитальных затрат; стоимость расходуемых вспомогательных материалов; стоимость электроэнергии или топлива и смазочных материалов.

Годовой экономический эффект (р.) от применения в конкретных горно-геологических условиях нового комплекса транспортных машин по сравнению с ранее используемым базовым комплексом

$$Г = [(C_1 + E_n K_1) - (C_2 + E_n K_2)] Q_r$$

где C_1 и C_2 — себестоимость транспортирования соответственно по базовому и новому вариантам комплексов, р/т (р/м³); K_1 и K_2 — удельные капитальные затраты соответственно по базовому и новому комплексам, р/т (р/м³); Q_r — годовая эксплуатационная производительность нового комплекса, т (м³).

Вопросы для самопроверки

1. Назовите основные виды транспортных машин, применяемых на подземной добыче руд.
2. По каким основным признакам классифицируются транспортные машины?
3. Перечислите основные виды транспортируемых грузов. Какие основные характеристики

* Конструктивные особенности машин рудничного транспорта и комплекс мероприятий, обеспечивающих безопасность обслуживающего персонала, подробно рассматриваются в соответствующих разделах учебника.

и свойства насыпных грузов оказывают влияние на выбор средств рудничного транспорта?

4. Что называется грузопотоком? Дайте определение неравномерности грузопотока и укажите способы ее снижения.
5. Сформулируйте основные показатели качества и надежности транспортных машин.
6. Что является обобщающим показателем технико-экономической эффективности рудничного транспорта?

2. ОСНОВЫ РАСЧЕТА РУДНИЧНОГО ТРАНСПОРТА

2.1. Производительность транспортных машин

Одним из основных параметров транспортных машин является *производительность* — количество груза, перевозимого в единицу времени. Производительность выражают в массовых Q (т/ч) или объемных V (м³/ч) показателях, причем $Q = Vg$.

Различают теоретическую, техническую и эксплуатационную производительность машин рудничного транспорта.

Теоретическая производительность — максимальная производительность при непрерывной работе транспортной машины, наибольшем заполнении грузом ее грузонесущих элементов, максимальной скорости движения без учета ограничений по мощности привода и прочности тяговых элементов. *Техническая* или *паспортная* (указываемая в заводской характеристике машины) производительность Q_T — наибольшая производительность (т/ч или м³/ч) при непрерывной работе транспортной машины, полном использовании ее конструктивных возможностей и с учетом физико-механических свойств транспортируемой горной массы, мощности привода, прочности тяговых элементов, длины и угла транспортирования.

Минутную техническую производительность (т/мин или м³/мин) конвейеров (количество горной массы, которое может принять в минуту движущаяся лента) называют *приемной способностью* конвейера.

Эксплуатационная производительность Q_3 — фактическая производительность машины рудничного транспорта с учетом интенсивности загрузки и простоев по техническим, организационным и технологическим причинам (т/ч, т/смену, т/сут):

$$Q_3 = Q_T k_u t_{см} \quad (2.1)$$

Определим производительность машин рудничного транспорта периодического и непрерывного действия.

Техническая производительность машин периодического действия Q_T (т/ч) равна произведению грузоподъемности (кг) одного G или нескольких zG транспортных сосудов и числа рейсов (ходов) n_p в час:

$$Q_T = \frac{zG n_p}{1000} = \frac{3600 zG}{1000 t_p} \quad (2.2)$$

Техническая объемная производительность (м³/ч)

$$V_T = \frac{Q_T}{g} = 3,6 \frac{zG}{g t_p}$$

Время одного рейса (с)

$$t_p = \frac{3600}{n_p} = t_{погр} + t_{пр} + t_{раз} + t_{пор} + t_{доп},$$

где $t_{погр}$, $t_{пр}$, $t_{раз}$, $t_{пор}$ и $t_{доп}$ — соответственно время погрузки, движения в грузовом направлении, разгрузки, движения в порожняковом направлении и дополнительное, связанное с ожиданиями и маневрами на конечных пунктах, с.

Техническая производительность Q_m (т/ч) транспортной машины непрерывного действия равна произведению массы находящегося на 1 м длины грузонесущего органа количества груза q (кг/м) на скорость перемещения v (м/с) груза:

$$Q_m = \frac{3600}{1000} qn = 3,6 qn \quad (2.3)$$

Техническая объемная производительность (м³/ч) транспортной машины непрерывного действия

$$V_m = \frac{3,6 qn}{g}$$

Количество груза q , находящегося на 1 м длины грузонесущего органа транспортной машины непрерывного действия (рис. 2.1, а), определяется площадью поперечного сечения потока груза W_z (м²) (рис. 2.1, б):

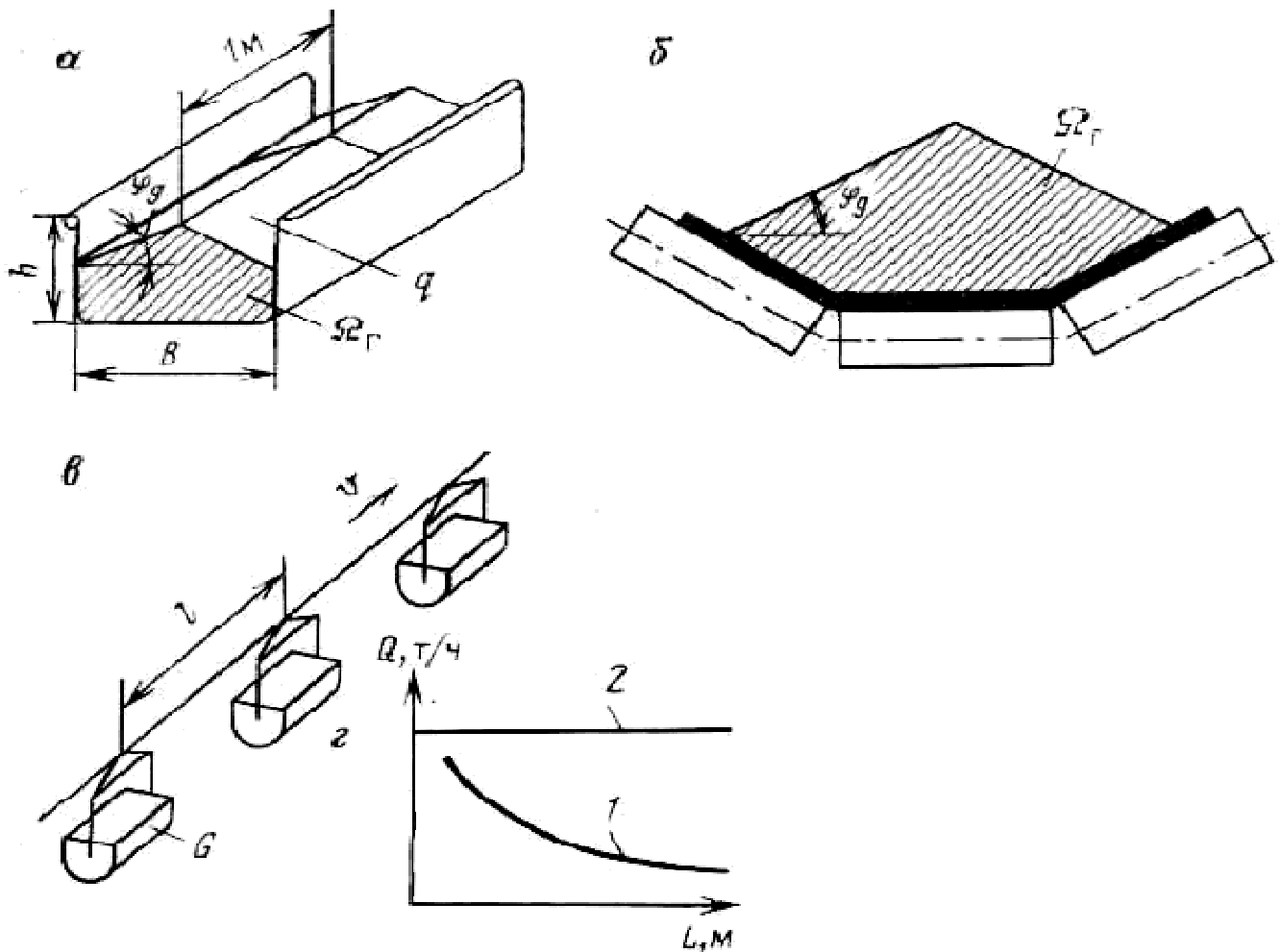


Рис. 2.1. Схемы расположения груза на грузонесущем элементе конвейера (а, б), в вагонетках подвесной канатной дороги непрерывного действия (в) и график зависимости производительности транспортных машин периодического 1 и непрерывного 2 действия от длины транспортирования (г)

Если грузонесущий орган заполнен грузом по площади геометрического сечения W_0 неполностью, то техническую производительность транспортной машины непрерывного действия определяют с учетом коэффициента заполнения $k_3 = W_g/W_0$. Тогда количество груза на 1 м грузонесущего органа (кг/м)

$$q = 10000 \Omega_0 k_3 g k_b,$$

где k_b — коэффициент, учитывающий изменение площади поперечного сечения груза в зависимости от угла установки транспортной машины непрерывного действия.

При этом техническая производительность (т/ч)

$$Q_m = 3600 \Omega_0 k_3 g k_b n, \quad (2.5)$$

объемная производительность (м³/ч)

$$V_m = 3600 \Omega_0 k_3 k_b n, \quad (2.6)$$

На некоторых транспортных машинах непрерывного действия, например, канатных дорогах с кольцевым движением вагонеток, груз перемещается в отдельных вагонетках грузоподъемностью G (кг), закрепленных с определенным шагом l (м) на бесконечном тяговом органе (рис. 2.1, в). Для таких транспортных машин $q = G/l$ (кг/м), а техническая производительность (т/ч)

$$Q_m = 3,6 \frac{G}{l} n = 3,6 \frac{G}{t}, \quad (2.7)$$

где $t = l/v$ — интервал времени подачи вагонеток, с.

Анализируя график зависимости производительности транспортной машины периодического действия 1 и непрерывного действия 2 от длины транспортирования (рис. 2.1, г), видно, что производительность транспортной машины периодического действия с увеличением длины транспортирования снижается, а производительность транспортной машины непрерывного действия не зависит от длины транспортирования.

2.2. Силы сопротивления движению и тяговое усилие транспортной машины

Силы, возникающие при перемещении транспортной машины и препятствующие ее движению, называются силами сопротивления движению.

Перемещение транспортной машины осуществляется под действием тягового усилия (или силы тяги), которое направлено в сторону движения и создается приводом при взаимодействии тяговых элементов (например, приводных колес с рельсами или дорогой). При движении транспортной машины сила тяги равна алгебраической сумме всех сил сопротивления.

При перемещении груза весом Gg (Н) скольжением по горизонтальной плоскости (рис. 2.2, а) сила сопротивления движению равна силе трения (Н):

$$W_0 = f_1 Gg, \quad (2.8)$$

где f_1 — коэффициент трения скольжения; G — масса транспортируемого груза, кг; g — ускорение свободного падения, м/с^2 .

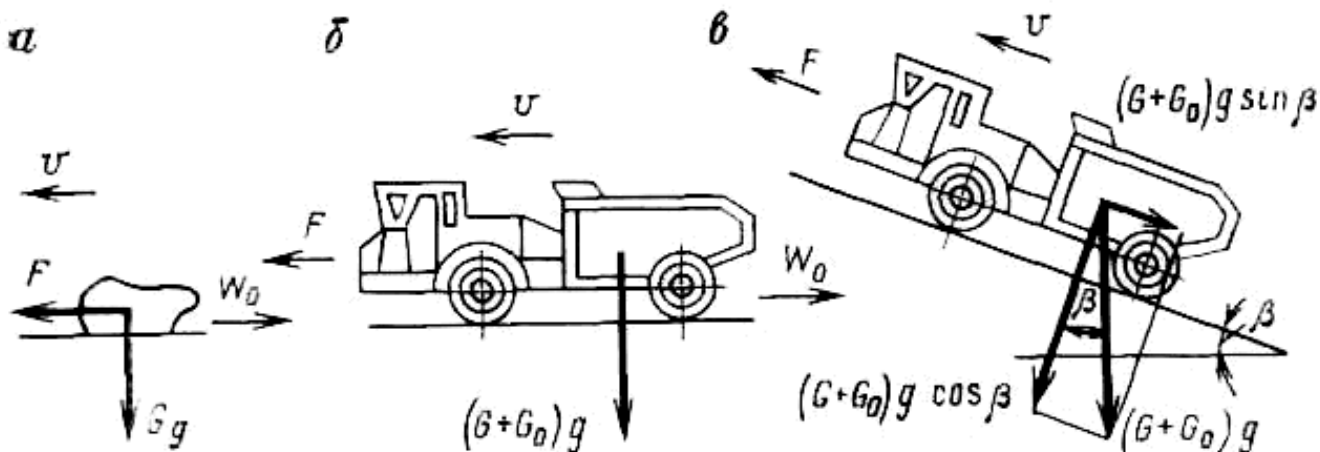


Рис. 2.2 Схема к расчету сил сопротивления движению транспортных машин

При перемещении груза в грузонесущем органе, например, в кузове вагонетки или автосамосвала (рис. 2.2, б), имеющем собственный вес G_0g (Н), сила сопротивления перемещению по горизонтальной плоскости

$$W_0 = w_0 (G + G_0)g, \quad (2.9)$$

где w_0 — коэффициент ходового сопротивления движению, равный отношению сил сопротивления движению к суммарному весу груза и подвижных частей машины; G_0 — собственная масса машины, кг.

Численное значение ходового сопротивления w_0 определяют экспериментальным путем в зависимости от диаметра колеса и цапфы, коэффициента трения в подшипнике цапфы, коэффициента трения качения, характеризующегося жесткостью обода колеса (колесо вагонетки или пневмошина автомобиля), и состоянием рельсового пути или дорожного полотна.

Если силы сопротивления движению W_0 и суммарный вес транспортируемого груза и подвижных частей машины $(G + G_0)g$ выражаются в одних и тех же единицах — ньютонах, то w_0 имеет размерность Н/Н, но фактически в расчетах подставляют значение w_0 как безразмерной величины. Однако, как правило, W_0 выражается в ньютонах, а $(G + G_0)g$ — в килоньютонах, так как $(G + G_0)$ выражается в тоннах. В этом случае коэффициент w_0 приобретает размерность Н/кН и называется *удельным сопротивлением*. Коэффициентом сопротивления пользуются при расчетах конвейерного и других видов транспорта, а удельным сопротивлением — обычно при расчетах локомотивного и самоходного транспорта.

Таким образом, коэффициент сопротивления транспортной установки определяется силами трения или силами основного сопротивления W_0 , поэтому w_0 называется *коэффициентом основного сопротивления*.

Кроме основных сопротивлений при движении транспортной машины возникают дополнительные сопротивления на уклоне, на криволинейных участках пути, от воздушной среды и от сил инерции при переменной скорости движения.

При движении транспортной машины по наклонной плоскости с углом наклона b (рис. 2.2, в) кроме основного сопротивления (Н)

$$W_0 = (G + G_0)g \cos b, \quad (2.10)$$

возникают дополнительные сопротивления (H), обусловленные продольной составляющей веса груза и машины:

$$W_y = \pm(G + G_0)g \sin b, \quad (2.11)$$

Знак «плюс» принимается при движении транспортной машины вверх, «минус» — вниз.

Если угол наклона $b < 4^\circ$ (например, как при локомотивной откатке), то в этом случае $\cos b \approx 1$, $\sin b = \operatorname{tg} b = i = i/1000$. Тогда коэффициент дополнительного сопротивления на уклоне равен $\pm i$, где i — уклон пути, выраженный в тысячных долях — промилле (‰). Удельное сопротивление ($H/\kappa H$) от уклона определяется по формуле $w_y = 1000 \operatorname{tg} b$ и по абсолютной величине равно количеству промилле. Например, при уклоне $i = 0,003$ или $i = 3\text{‰}$ $w_y = 3 H/\kappa H$.

При движении транспортной машины на криволинейных участках пути возникают дополнительные сопротивления (например, вследствие проскальзывания колес автомобиля на поворотах, дополнительного трения реборд колес вагонеток о головки рельсов, гибкого тягового органа конвейера при прохождении направляющих роликов и барабанов и т. д.). В каждом конкретном случае удельное сопротивление на криволинейных участках пути $w_{кр}$ ($H/\kappa H$) определяется расчетным путем или при экспериментальных замерах.

Сопротивление воздушной среды прямо пропорционально квадрату скорости движения v (км/ч) транспортной машины и площади Ω_d (m^2) ее лобового сечения, приблизительно равной произведению ширины колеи транспортной машины на ее высоту. Таким образом, сопротивление воздушной среды (H)

$$W_\epsilon = p \Omega_d v^2, \quad (2.12)$$

где $p = 6 \div 7,5$ — коэффициент обтекаемости (для автосамосвалов).

Сопротивления воздушной среды учитывают только при скорости транспортной машины $v > 20$ км/ч.

Сопротивление от сил инерции или от динамической нагрузки возникает при неустановившемся движении с ускорением или замедлением a (m/c^2) транспортной машины приведенной массой M (кг), т. е. массой системы вращающихся и поступательно движущихся частей транспортной машины и груза, приведенной к точке приложения силы тяги. Таким образом,

$$W_\delta = \pm Ma = \pm \frac{(G + G_0)k_{ин} a}{g} \quad (2.13)$$

где $k_{ин}$ — коэффициент учета инерции вращающихся масс транспортной машины, например, для локомотивного транспорта $k_{ин} = 1,075$.

Удельное динамическое сопротивление ($H/\kappa H$)

$$w_\delta = \frac{100k_{ин} a}{g} = 180a$$

Сила тяги F (H), развиваемая приводом транспортной машины, должна преодолевать суммарное сопротивление движению W_c (H), т. е.

$$F = W_c = z(G + G_0)g(w_0 \pm i + w_{кр} + 180a) + W_\epsilon \quad (2.14)$$

где z — число транспортных судов.

Зависимость тягового усилия транспортной машины от суммарных статических $\sum W_{ст}$ и динамических W_δ сил сопротивления называется уравнением движения транспортной машины:

$$F = \sum W_{ст} + W_\delta \quad (2.15)$$

При расчете транспортных установок с гибким тяговым органом (например, конвейеров с ленточным, цепным и канатным тяговым органом, подвесных канатных дорог) силы сопротивления определяют методом обхода контура по точкам: находят натяжение в любой точке гибкого тягового контура, натяжение в набегающей и сбегающей ветвях контура у привода, а по ним — общее сопротивление и тяговое усилие привода.

Метод расчета обхода контура по точкам заключается в следующем: вычерчивают контур тягового органа и разбивают его на прямолинейные и криволинейные участки, нумеруя точки сопряжения этих участков (рис. 2.3, а). Нумерацию обычно начинают с точки сбегающего тягового органа с приводного барабана, шкива или звездочки. Далее характерные точки нумеруют последовательно по ходу движения тягового органа.

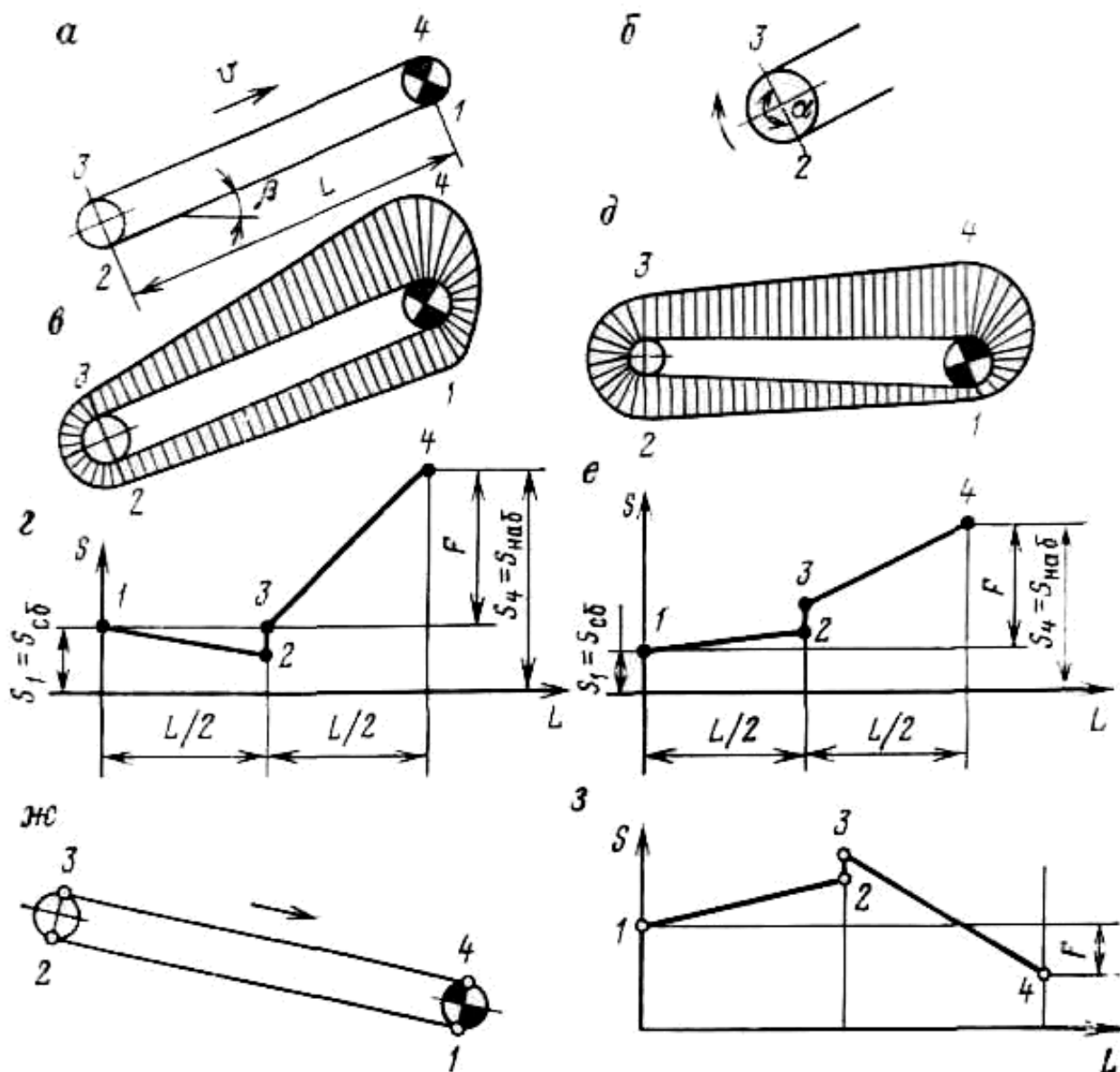


Рис. 2.3. Схемы к расчету сил сопротивления движению транспортных машин с гибким тяговым органом

Расчет начинают с точки 1, натяжение в которой равно S_1 . Натяжение тягового органа в каждой последующей по ходу его движения точке равно натяжению в предыдущей точке плюс сила сопротивления на участке между этими точками. Таким образом,

$$S_1 = S_{сб}; \quad S_2 = S_1 + W_{1-2};$$

$$W_{1-2} = L_{1-2} [(q_m + q_n) w_0 \cos b - q_m \sin b] g,$$

где L_{1-2} — длина участка тягового органа между расчетными точками, м; w_0 — коэффициент основного сопротивления перемещению тягового органа по опорам; q_m и q_n — линейные массы соответственно тягового и грузонесущего органа и вращающихся частей стационарных поддерживающих роlikоопор холостой, (нижней) ветви, кг/м.

Сопротивление перемещению тягового органа на криволинейных участках или отклоняющих барабанах определяется коэффициентом трения μ между тяговым органом и барабаном и углом обхвата α (рис. 2.3, б):

$$W_{1-2} = S_2 (e^{\mu \alpha} - 1), \quad \text{или} \quad S_3 = k_y S_2$$

где e — основание натурального логарифма; k_y — коэффициент, характеризующий увеличение натяжения тягового органа на криволинейном участке. При $\alpha = 90^\circ \div 180^\circ$ для ленточного или канатного тягового органа $k_y = 1,02 \div 1,06$, для цепного тягового органа $k_y = 1,05 \div 1,1$.

При проведении дальнейшего расчета получим:

$$S_4 = S_{наб}; \quad S_4 = S_3 + W_{3-4};$$

$$W_{3-4} = L_{3-4} [(q + q_m + q_n) w_0 \cos b + (q + q_m) \sin b] g$$

где q — масса транспортируемого груза, находящегося на 1 м длины грузонесущего органа грузовой ветви, кг/м; $q_{\text{в}}$ — масса вращающихся частей стационарных роликоопор, приходящаяся на 1 м длины грузовой ветви, кг/м.

Суммарное сопротивление W_c (Н) и тяговое усилие F (Н) на валу приводного барабана

$$W_c = F = S_4 - S_1 = S_{\text{наб}} - S_{\text{сб}}.$$

По натяжениям, найденным в точках контура, можно построить эпюры натяжения тяговых органов на самом контуре (рис. 2.3, в, д) или диаграммы натяжений тягового органа (рис. 2.3, з, е). Для примера на рис. 2.3, д, е приведены эпюра и диаграмма натяжения тягового органа горизонтального конвейера, а на рис. 2.3, ж, з — бремсбергового конвейера, транспортирующего груз вниз.

2.3. Мощность привода и расход энергии

Мощность привода определяют в зависимости от режима работы транспортной машины — длительный с постоянной нагрузкой или длительный с переменной нагрузкой.

При работе привода в длительном двигательном режиме с постоянной нагрузкой, характерном для транспортных машин непрерывного действия, установленная мощность двигателя (кВт)

$$N = \frac{k_{\text{зан}} F n}{1000h} \quad (2.16)$$

а мощность привода при работе в тормозном режиме

$$N_m = \frac{k_{\text{зан}} F n h}{1000h} \quad (2.17)$$

где $k_{\text{зан}} = 1,1 \div 1,2$ — коэффициент запаса мощности; η — КПД (коэффициент полезного действия) передаточного механизма привода.

Для транспортных машин периодического действия, работа которых характеризуется переменной нагрузкой в течение цикла, мощность привода определяют по нагреву, соответствующему эквивалентному тяговому усилию $F_{\text{э}}$ (Н) (его среднеквадратичному значению за цикл работы):

$$F_{\text{э}} = \sqrt{\frac{F_1^2 t_1 + F_2^2 t_2 + \mathbf{K} + F_n^2 t_n}{t_1 + t_2 + \mathbf{K} + t_n + c_1 q}}, \quad (2.18)$$

где F_1, F_2, F_n — тяговые усилия двигателя в различные периоды: работы, Н; $t_1, t_2, \dots, t_n$ — время действия этих усилий за цикл: нагрузки, мин; $c_1 = 0,25 \div 0,35$ — коэффициент, учитывающий условия охлаждения при остановке двигателя (для двигателей с принудительной вентиляцией $c_1 = 1$); θ — суммарная продолжительность остановок двигателя за цикл, мин.

Мощность двигателя (кВт) транспортных машин с переменной нагрузкой

$$N = \frac{k_{\text{зан}} F_{\text{э}} n}{1000h} \quad (2.19)$$

По рассчитанной мощности в соответствии с каталогом выбирают двигатель и проверяют его по перегрузочной способности. Например, кратность момента асинхронного двигателя (отношение мгновенного максимального тягового усилия двигателя к номинальному тяговому усилию) составляет $1,8 \div 2,2$.

Расход энергии (МДж) транспортной машины определяют за фактическое время ее работы в смену t (ч):

$$\mathcal{E} = 3,6 N t \quad (2.20)$$

Удельный расход энергии [МДж/(т·км)]

$$\mathcal{E}_{\text{уд}} = \frac{\mathcal{E}}{Q_{\text{см}} L_m} \quad (2.21)$$

где $Q_{\text{см}}$ — сменная производительность машины, т; L_m — суммарная длина транспортирования, км.

Технико-экономические показатели работы рудничного транспорта во многом зависят от экономного расходования энергии, что достигается, прежде всего, правильным выбором транспортных машин с оптимальной мощностью привода, использованием электропривода с тиристорным управлением, поддержанием оптимальных режимов работы привода с помощью

ЭВМ, сокращением неоправданных холостых пробегов, уменьшением сопротивлений перемещению (например, содержанием в надлежащем состоянии дорог для самоходных машин, рельсовых путей при локомотивной откатке, роlikоопор ленточных конвейеров и др.).

2.4. Использование ЭВМ при проектировании транспортных машин

Использование ЭВМ при проектировании и расчетах рудничного транспорта позволяет сократить время на их выполнение и автоматизировать сложные расчеты. Уровень автоматизации расчетов зависит от поставленной задачи, сложности составляемых алгоритмов, допустимых возможностей применяемой ЭВМ, объема памяти и т. д. Для решения задачи по эксплуатационному расчету практически любой транспортной системы горнорудного предприятия разрабатывают алгоритмы, построенные по принципу диалога «ЭВМ — человек», когда все расчеты выполняет ЭВМ, а принятие решения о переходе на ту или иную ветвь программы осуществляет проектировщик.

В научно-исследовательских и проектно-конструкторских институтах и вузах горного профиля разработаны как алгоритмы, так и отдельные программы по расчету локомотивной откатки, конвейерного транспорта, концевой канатной откатки, самоходного транспорта, а также системы автоматического проектирования (САПР) подземного транспорта, используемые при проектировании новых шахт, реконструкции и подготовки новых: горизонтов действующих шахт. Разработанные пакеты программ для персональных ЭВМ позволяют определять параметры схем; транспорта полезного ископаемого и породы и средств вспомогательного транспорта, вид основного транспорта (локомотивного или конвейерного) и его типоразмеры. Критерием оптимальности выбранного оборудования является минимум приведенных затрат. Широкое использование САПР подземного шахтного транспорта позволяет в 2—3 раза сократить сроки разработки и реализации новых проектных решений и в 1,5 раза снизить затраты на проектирование.

Расчет локомотивной откатки контактными и аккумуляторными электровозами разработан институтом Центрогипрошахт и представлен в виде пакета прикладных программ, состоящих из отдельных программных модулей с единой информационной базой. Пакет прикладных программ позволяет определить: условия обслуживания локомотивной откаткой нескольких подготовительных и очистных забоев с различными маршрутами, движения, профилем пути и коэффициентом сцепления колес локомотива с рельсами; число вагонеток в составе; потребное число рабочих и инвентарных электровозов; скорость движения груженого и порожнего составов; время рейса; сменную производительность каждого локомотивосостава и расход электроэнергии за один рейс или смену.

Время выполнения расчетов в зависимости от числа маршрутов составляет 5—10 мин.

В институте ДонУГИ разработаны программы технического развития подземного локомотивного транспорта с использованием ЭВМ на любой стадии процесса эксплуатации шахты и развития горных работ. Исходными данными при расчете являются сведения о схеме транспорта горной массы, параметрах очистных и подготовительных забоев, а также узлов и элементов системы транспорта. Кроме этого вводят характеристики транспортного оборудования, технологические особенности электровозного транспорта. Пакет программ обеспечивает расчет параметров грузопотока во всех звеньях транспортной системы, позволяет определить ее технологические параметры, а также показатели функционирования транспортной системы: простой погрузочных пунктов, коэффициент использования электровозов, пропускную способность транспортных маршрутов и др. На основании анализа расчетов на ЭВМ принимаются технические решения, направленные на ликвидацию узких мест и совершенствование эксплуатации рудничного транспорта.

Выбор типов и расчет параметров ленточных конвейеров можно производить по методике имитационного моделирования и программе «Конвейерный транспорт», разработанной ИГД им. А. А. Скочинского. Программа состоит из подпрограмм, имитирующих процесс поступления грузопотоков из подготовительных и очистных забоев, и позволяет определять нагрузки; на транспортные конвейерные линии, вместимость бункеров (осредняющих или аккумулирующих), размещаемых, например, вблизи сопряжения проводимой и оборудованной конвейерами существующих горных выработок или между отдельными конвейерами, установленными в линию.

С помощью специальной программы «К.ОНВЕ», разработанной институтами Центрогипрошахт и ИГД им. А. А. Скочинского, для конкретной конвейерной линии можно определить длину каждого конвейера, ширину ленты и скорость ее движения, мощность привода, техническую производительность. Исходными данными для выбора параметров ленточных конвейеров являются значения максимальных минутных грузопотоков, определяемых путем имитационного моделирования по программе «Конвейерный транспорт».

Для расчета параметров и пропускной способности одноконцевой грузовой и пассажирской канатной откатки разработана программа, с помощью которой по заданным производительности, длине откатки и углу наклона выработки можно определить диаметр тягового каната и его параметры, тип подъемной машины и мощность привода.

Вопросы для самопроверки

1. Дайте определение производительности транспортной машины. Сформулируйте понятия теоретической, технической и эксплуатационной производительностей.
2. Напишите формулы для определения технической производительности транспортных машин непрерывного и периодического действия.
3. Что называется коэффициентом сопротивления движению? Что такое удельное сопротивление?
4. Назовите составляющие суммарного сопротивления движению транспортной машины.
5. Объясните способ определения сил сопротивления на транспортной установке с гибким тяговым органом методом обхода контура по точкам.
6. Как определить мощность двигателя транспортной машины по эквивалентной нагрузке?

Задачи и упражнения

1. Определите техническую производительность транспортной машины непрерывного действия при линейной массе груза $q = 40$ кг/м и скорости грузонесущего органа $v = 2,5$ м/с.
2. Определите мощность привода при работе транспортной машины в длительном двигательном режиме с постоянной тяговой силой $F = 3500$ Н при скорости перемещения $v = 3$ м/с и КПД передаточного механизма $\eta = 0,85$.
3. Определите расход энергии транспортной машины с приводом мощностью $N = 32$ кВт за время работы $t = 5$ ч.

3. ОСНОВНЫЕ ВОПРОСЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ, ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА МАШИН РУДНИЧНОГО ТРАНСПОРТА

3.1. Условия эксплуатации транспортных машин на горно-рудных предприятиях

Средства рудничного транспорта горно-рудных предприятий эксплуатируются в тяжелых условиях, наиболее характерными из которых являются: большая кусковатость, высокие абразивность и плотность перемещаемой горной массы, обуславливающие значительные ударные нагрузки при погрузке горной массы и быстрый износ средств транспорта; нестационарность пунктов погрузки, что требует периодического перемещения транспортных средств по мере продвижения фронта работ; разветвленность и сложность профиля транспортных коммуникаций; наличие в одной транспортной магистрали нескольких видов транспорта, что вызывает необходимость перегрузок в узлах сопряжения транспортных звеньев и др. Кроме того, для шахтного транспорта характерными условиями эксплуатации являются стесненность рабочего пространства, повышенные влажность и запыленность, химическая активность шахтных вод, иногда взрывоопасность рудничной атмосферы, повышенная температура на больших глубинах разработки, а для карьерного транспорта — более жесткая связь между выемочно-погрузочными и транспортными средствами, работа при низких температурах, большой уклон трассы транспортирования из карьера, значительно большие грузопотоки, чем на шахтном транспорте.

В зависимости от условий эксплуатации к рудничному подземному транспорту предъявляются основные требования:

- технические — повышенные прочность и износостойкость, высокое качество и надежность транспортных машин; обеспечение бесперебойной выдачи горной массы из очистных и подготовительных забоев; правильный выбор и минимальное число видов транспорта, используемых на одном горно-добывающем предприятии; бесперебойное обеспечение производственных звеньев вспомогательными материалами;
- горно-технические — взаимоувязка технологических схем рудничного транспорта с горно-геологическими условиями разработки месторождения, параметрами вскрытия и системами разработки;
- экономические — обеспечение высоких технико-экономических показателей за счет минимального числа обслуживающего персонала, снижения капитальных и эксплуатационных затрат, дистанционного и автоматизированного управления транспортными машинами.

Кроме того, к средствам рудничного транспорта предъявляются повышенные требования безопасности его эксплуатации.

3.2. Технологические схемы рудничного транспорта

Технологические схемы рудничного транспорта, в соответствии с которыми осуществляется перемещение основных грузопотоков руды из очистных и породы из подготовительных забоев, а также вспомогательных грузопотоков материалов, оборудования и людей, включают отдельные транспортные звенья, соединенные между собой узлами перегрузки. Таким образом, *технологической схемой* рудничного транспорта называется графическое изображение взаимоувязанных в пространственном: расположении доставочных и транспортных выработок или трассы транспортирования с указанием в этих выработках или по трассе видов и типов транспортного оборудования, узлов перегрузки, длины транспортирования и направления грузопотоков.

Схемы рудничного транспорта горно-рудных предприятий постоянно изменяются в связи с переменой расположения очистных и подготовительных забоев. Для каждой рудной шахты или карьера выбирают наиболее рациональную схему транспорта, которая должна включать прогрессивные средства транспорта, обеспечивающие необходимую пропускную способность, высокие экономические показатели и безопасность условий труда. Кроме того, схема транспорта должна обеспечивать взаимную увязку отдельных видов и звеньев транспорта, наиболее полную автоматизацию процессов транспортирования и высокую надежность транспортной системы. По возможности необходимо принимать транспортные комплексы, позволяющие доставлять и транспортировать как основные, так и вспомогательные грузы.

Выбор схемы подземного транспорта определяется схемой вскрытия месторождения, способом подготовки и технологией очистной выемки руды. В связи с большим разнообразием горно-геологических и горно-технических условий разработки рудных месторождений применяются различные схемы и комплексы машин для доставки и транспортирования руды.

Выбор комплексов транспортных машин при формировании технологических схем доставки и транспорта руды определяется: углом наклона очистного забоя и расстоянием перемещения-руды; размерами погрузочных, доставочных и транспортных; выработок; условиями погрузки; гранулометрическим составом горной массы и абразивностью руды; условиями разгрузки (непосредственно в вагонетку или автосамосвал, в рудоспуск и т. д.).

По условиям эксплуатации транспортных машин системы подземной разработки крепких руд разделяются на системы с донным (площадным) или торцовым выпуском руды и системы разработки с открытым выработанным пространством.

При системах разработки с донным (площадным) выпуском руды доставка ее под действием силы веса осуществляется через комплекс выпускных выработок днища блока, а при системах с торцовым выпуском руды ее выпуск производится под обрушенными породами слоями ограниченных размеров при постоянном погашении выпускной выработки в процессе добычи руды.

Все технологические схемы рудных шахт по доставке и транспортированию руды можно разделить на две группы: схема доставки и транспортирования транспортными машинами одного вида; комбинированная схема, включающая два или более вида транспортных машин. В связи с большим разнообразием горно-геологических и горно-технических условий на большинстве рудных шахт в основном применяют комбинированные схемы транспорта.

При системах разработки с площадным выпуском руды на отечественных рудных шахтах широко применяют вибровыпуск руды с последующей доставкой скреперными установками и конвейерами (в небольшом объеме), но перспективным видом доставочного оборудования являются самоходные погрузочно-транспортные машины и автосамосвалы.

При системах разработки с торцовым выпуском крепких руд основное средство доставки—самоходные погрузочно-транспортные машины. Ведутся экспериментальные работы по доставке руды при таком выпуске с применением вибропитателей и конвейеров.

При системах разработки крепких руд с открытым выработанным пространством используют погрузочно-транспортные комплексы самоходного оборудования.

Рассмотрим технологические схемы выпуска, доставки, погрузки и транспортирования руды на примере разработки полиметаллических месторождений Рудного Алтая.

При площадном выпуске (рис. 3.1, *а — в*) руда из воронок выпускается под действием силы веса через односторонние или двусторонние дучки (выпускные выработки) на почву доставочной выработки, предназначенной для приема руды с определенной площади блока. Руда из образуемой насыпки по почве выработки доставляется до рудоспуска скреперной установкой 1, погрузочно-транспортной машиной 5 или автосамосвалом 7. Для лучшего истечения руды в дучках устанавливают вибрационные питатели 6, из которых руда поступает на почву доставочной выработки в автосамосвал 7 (см. рис. 3.1, *в*) или в рудоспуск (рис. 3.1, *д*). Доставленная руда скреперной установкой или погрузочно-транспортной машиной (см. рис. 3.1, *а* и *б*) через виброгрохот 2 перегружается в рудоспуск, из которого с помощью вибролюка 3 загружается в вагонетки локомотивного транспорта 4.

При торцовом слоевом выпуске (рис. 3.1, *г* и *е*) руда выпускается на вибропитатель 6, из которого затем перегружается на виброконвейер 8 или в автосамосвалы 7 и транспортируется по штольне или наклонному стволу на поверхность рудной шахты. При такой системе разработки место выпуска и погрузки руды непрерывно перемещается, а интенсивность истечения руды, как и при площадном выпуске, зависит от производительности погрузочно-доставочного комплекса.

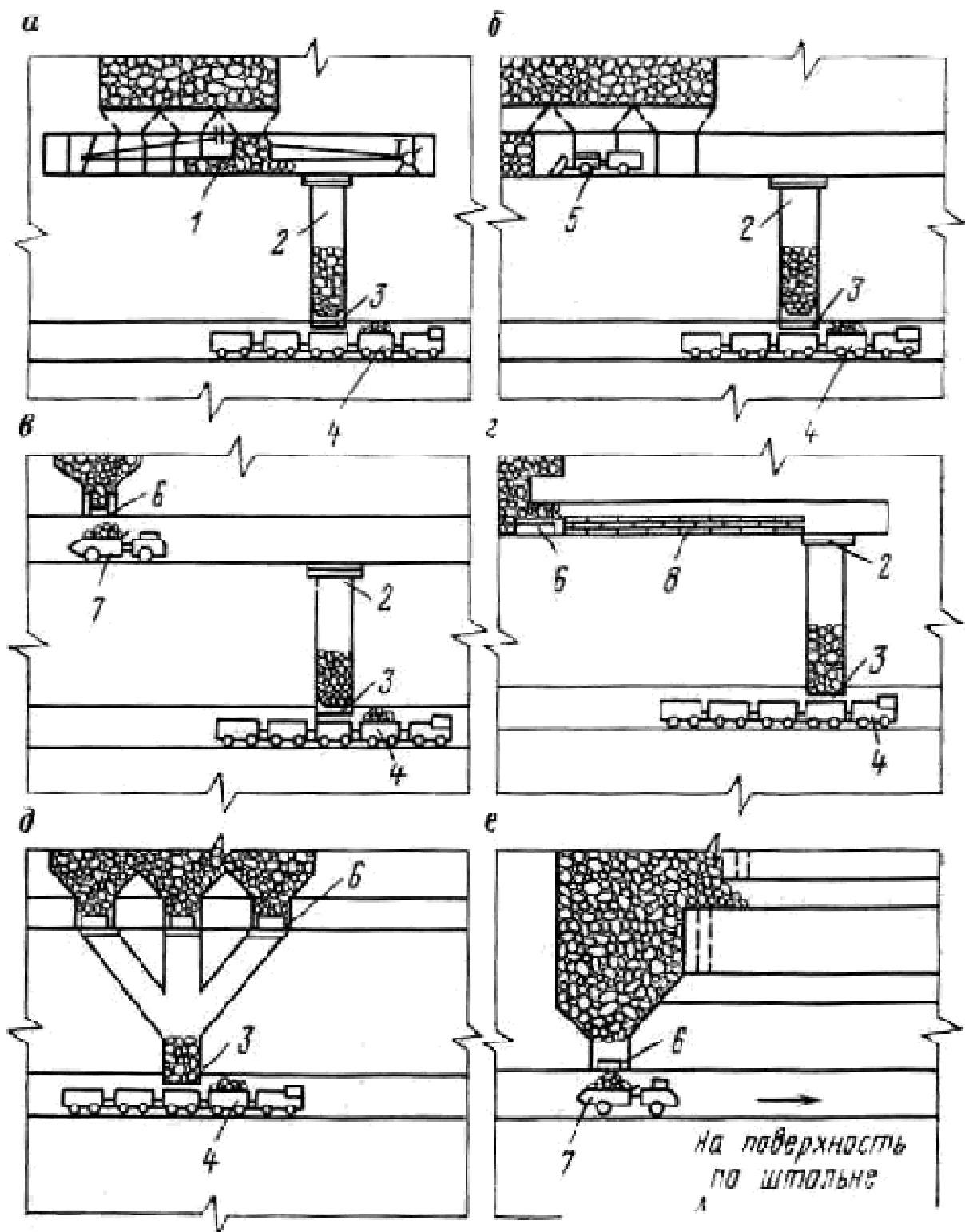


Рис. 3.1. Технологические схемы выпуска, доставки, погрузки и транспортирования руды

При торцовом выпуске руды с использованием на доставке самоходных погрузочно-транспортных машин (рис. 3.2) руда перегружается в рудоспуск, из которого затем с помощью люковых затворов или вибролюков загружается в вагонетки электровозной откатки, являющейся в настоящее время основным видом магистрального транспорта в рудных шахтах. По основным откаточным выработкам руда электровозной откаткой перемещается до руддвора, разгружается из вагонеток в бункер, поступает далее в дробилку, а из дробилки — в скип (при вскрытии месторождения вертикальными стволами) или на подъемный конвейер (при вскрытии наклонными стволами). Спуск и подъем людей, вспомогательных грузов и различного оборудования производят по вспомогательным вертикальным стволам.

При вскрытии рудного месторождения штольней в гористой местности перепуск руды с верхних горизонтов на нижние осуществляют по рудоспускам, транспортирование руды по штольне — электровозной откаткой, а от штольни до обогатительной фабрики — иногда

подвесными канатными дорогами. Подъем и спуск людей, различных вспомогательных грузов и оборудования производят по слепому стволу.

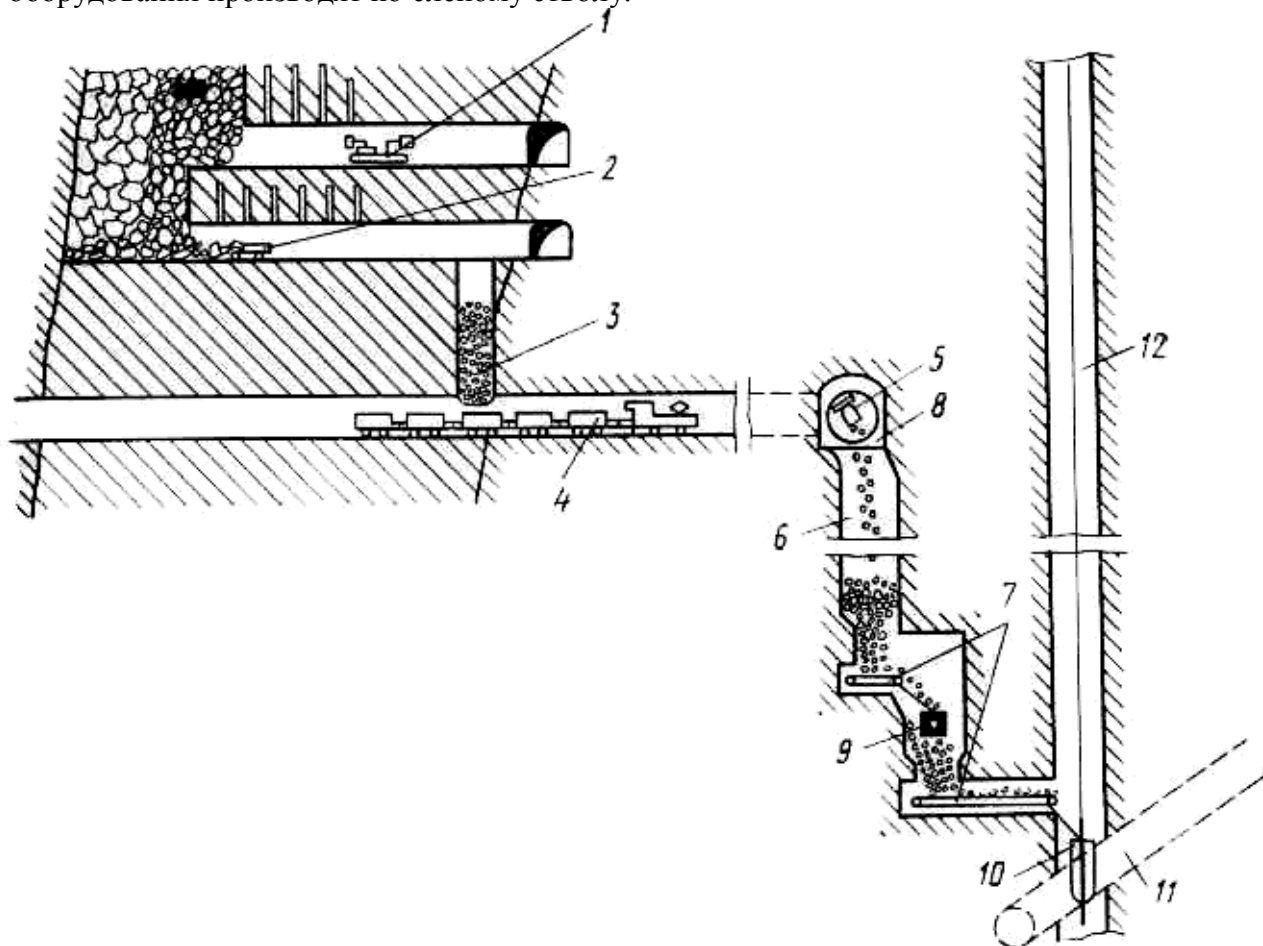


Рис. 3.2. Технологическая схема торцевого выпуска, доставки, транспортирования и подъема руды:
1 — буровой станок; 2 — погрузочно-транспортная машина; 3 — рудопуск; 4 — состав электровозной откатки; 5 — опрокидыватель вагонеток; 6 — бункер; 7 — питатель; 8 — грохот; 9 — дробилка; 10 — скип; 11 — подъемный ленточный конвейер; 12 — вертикальный шахтный ствол

Рассмотрим основные, наиболее распространенные, схемы электровозной откатки, применяемые в зависимости от мощности рудного тела. При разработке жильных месторождений малой мощности применяют схему (рис. 3.3, а), по которой погрузку вагонеток производят «а рудном штреке 3. При разработке месторождений средней мощности широко используют схему (рис. 3.3, б) с полевым штреком 5 (основная транспортная выработка) и тупиковыми ортами 6, в которых производят загрузку вагонеток. При разработке мощных месторождений применяют высокопроизводительную схему откатки (рис. 3.3, в) с кольцевыми ортами 6. Для разделения потока груженых и порожних составов на крупных рудных шахтах проходят квершлаг 7 и 8.

На открытых горных работах в связи с большим разнообразием рудных месторождений выбор схем и видов транспорта зависит, в основном, от производственной мощности (по горной массе) карьера и расстояния транспортирования, а также от физико-механических свойств пород и руды, условий залегания рудного тела и принятой системы его разработки, применяемого погрузочного оборудования, климатических условий и др. Так, на открытых разработках наиболее широко применяют железнодорожный и автомобильный, реже конвейерный и гидротранспорт. В некоторых карьерах используют гравитационный транспорт. С увеличением глубины карьеров и масштабов работ применяют комбинированный транспорт: автомобильный с железнодорожным или конвейерным, железнодорожный с конвейерным. Комбинированный транспорт с использованием конвейеров позволяет внедрить циклично-поточную систему открытой разработки руд.

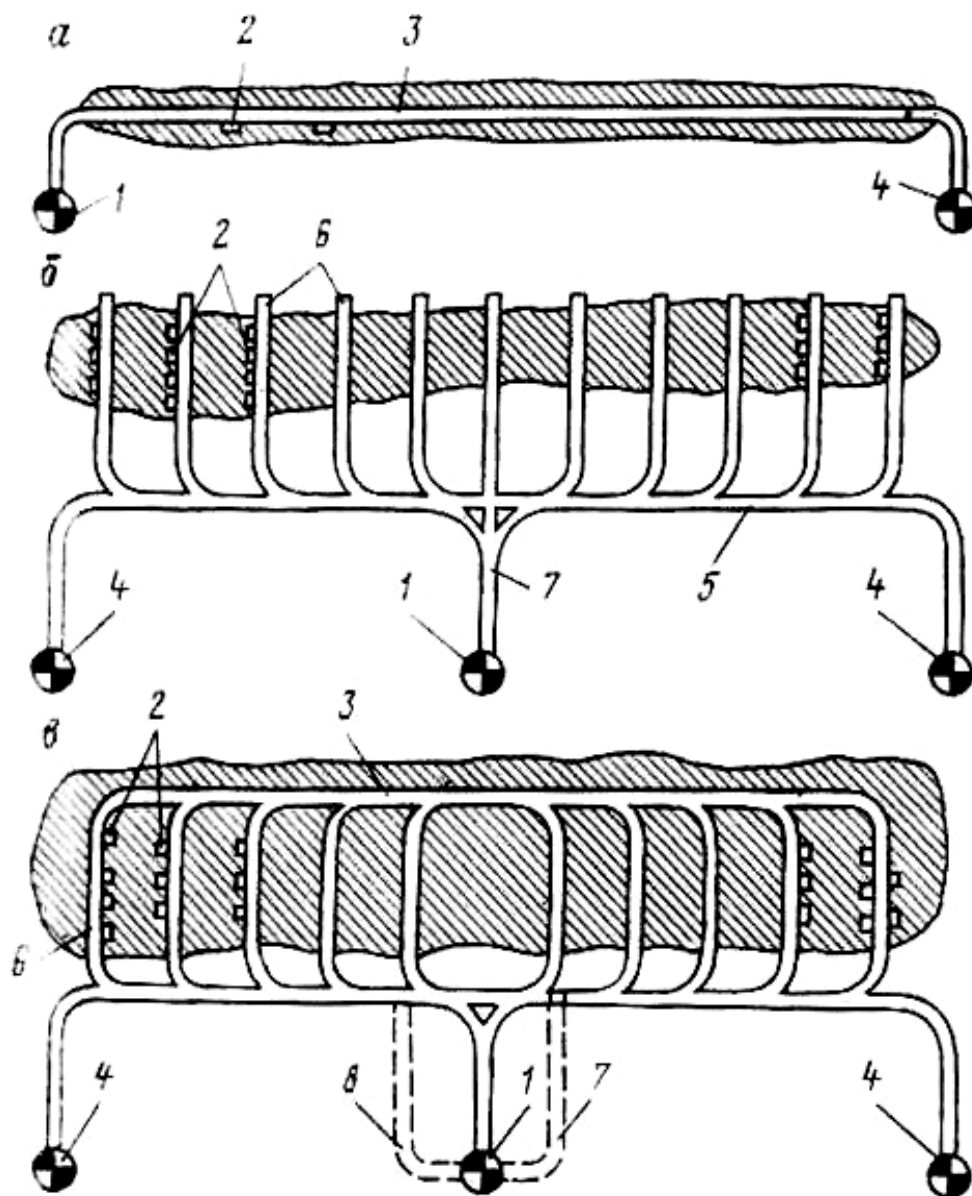


Рис. 3.3. Схемы горизонтов электровозной откатки: 1 — главный ствол; 2 — погрузочный пункт; 3 — рудный штрек; 4 — вспомогательный ствол; 5 — долевой штрек; 6 — орт; 7, 8 — квершлаг

3.3. Основы безопасной технической эксплуатации транспортных машин

В соответствии с ГОСТ 25866—83 эксплуатация изделия включает в себя в общем случае использование по назначению, транспортирование, хранение, техническое обслуживание и ремонт.

Техническое обслуживание — это комплекс операций по поддержанию работоспособности или исправности изделия (машины) при использовании по назначению, хранении и транспортировании (ГОСТ 18322—78).

Нормальная работа в течение наибольшего времени при минимальных затратах обеспечивается правильной организацией эксплуатации транспортной машины путем создания необходимых условий для работы машины, содержания ее в технически исправном состоянии и обеспечения безопасных и комфортных условий труда для обслуживающего персонала, а также соблюдением правил безопасности (ПБ) и правил технической эксплуатации (ПТЭ).

Основным эксплуатационным документом является инструкция по эксплуатации конкретной машины, составленная заводом-изготовителем. Инструкция по эксплуатации включает: техническое описание машины, содержащее описание ее устройства, принцип действия, технические характеристики и другие сведения; указания по мерам безопасности; инструкцию по монтажу, пуску, регулированию и обкатке машины; раздел по эксплуатации, включающий правила эксплуатации машины, характерные неисправности и методы их устранения; указания по техническому обслуживанию.

На основании инструкции завода-изготовителя горное предприятие разрабатывает свою инструкцию по эксплуатации машины, которая должна отражать горно-геологические и горнотехнические условия добычи полезного ископаемого и включать такие данные как права, обязанности и ответственность обслуживающего персонала, последовательность пуска и остановки транспортной машины, порядок приемки и сдачи смены, правила техники безопасности и др.

3.4. Техническое обслуживание и ремонт транспортных машин

От правильной организации технического обслуживания и ремонта зависят надежность и долговечность транспортных машин. На горно-добывающих предприятиях созданы две службы — механическая и энергетическая, которые занимаются вопросами эксплуатации, технического обслуживания и ремонта соответственно механического и энергетического оборудования. В отечественной практике принята система *планово-предупредительного ремонта* (ППР), базирующаяся на принципе сохранения надежности оборудования, заложенной в его конструкции, и обеспечивающая возможность безаварийной эксплуатации машин с минимальными затратами.

Система ППР есть совокупность организационных и технических мероприятий по эксплуатации, обслуживанию и ремонту оборудования, направленных на предупреждение преждевременного износа деталей, узлов, механизмов и повышение надежности оборудования.

Ремонт — комплекс работ, выполняемых с целью поддержания и восстановления исправности или работоспособности.

Для проведения системы ППР используется метод периодических ремонтов, по которому ремонт производят после отработки машиной определенного количества часов или по выполненному машиной объему работ, например, пробег (км или т-км), объем перевезенной горной массы (т или м³) и т. д. На отечественных горно-рудных предприятиях ремонт производят согласно Положению о планово-предупредительных ремонтах оборудования и транспортных средств на предприятиях Министерства металлургии СССР.

Система ППР включает техническое межремонтное обслуживание, текущий и капитальный ремонты. Техническое обслуживание состоит из ежесменного (О) и ежедневного (ЕО) обслуживаний и периодических технических осмотров (ТО), проводимых через определенное время.

Ежесменное техническое обслуживание транспортных машин выполняют перед началом смены или во время перерыва в работе, а ежедневное — в рабочую или ремонтную смены. Ежесменное и ежедневное технические обслуживания в зависимости от вида машины включают наружный осмотр, обтирку, чистку, проверку исправности всех узлов и механизмов, подтяжку, регулировку, смазку и другие операции, указанные в инструкции. Сведения о всех выявленных неисправностях машин заносятся в специальный журнал.

Технические осмотры проводят с целью контроля технического состояния транспортных машин, выявления и устранения неисправностей, а также для уточнения объема работ последующего ремонта.

Технические осмотры, периодичность которых определяется инструкцией по эксплуатации машины, кроме работ по ежесменному и ежедневному обслуживанию, включают регулировку узлов и агрегатов, выявление и устранение их неисправностей, замену изношенных деталей, смазку согласно карте смазки и др.

Текущий ремонт — наименьший по объему вид планового ремонта, включающий все виды технического обслуживания, а также частичную разборку машины, замену отдельных изношенных деталей, узлов и агрегатов, сборку, регулировку и испытание машины под нагрузкой. Текущий ремонт производит ремонтная бригада слесарей.

Капитальный ремонт, проводимый через несколько текущих ремонтов в соответствии с ремонтной ведомостью, предусматривает полную разборку машины, замену и восстановление всех изношенных деталей, сборку и регулировку. При проведении капитального ремонта широко используют *узловой* и *агрегатный* методы, когда вместо неисправных устанавливают новые или заранее отремонтированные узлы и агрегаты, что позволяет сократить время ремонта и улучшить его качество. В результате капитального ремонта полностью восстанавливается работоспособность машины и ее внешний вид.

Периодичность ремонтов транспортных машин определяется графиками ППР, составленными по ремонтным нормативам. В графиках указываются: длительность ремонтного цикла, обусловленная временем работы машины между двумя капитальными ремонтами или для новой машины — временем от начала эксплуатации до первого капитального ремонта; структура ремонтного цикла — перечень и последовательность повторяющихся ремонтных работ, выполняемых между капитальными ремонтами; периодичность ремонтов и технических осмотров — время работы машины между двумя очередными ремонтами или техническими осмотрами; трудоемкость (чел.-ч) и затраты времени (ч) на отдельные виды ремонта.

Для каждого вида транспортной машины составляют ремонтные циклы, представляющие собой периодичность выполняемых ремонтов, например $T_1 — T_1 — T_1 — T_1 — T_2 — T_1 — T_1 — T_1 — T_1 — T_3 \dots — K$, где T_1, T_2, T_3 — текущие ремонты соответственно первого, второго и третьего порядков, проводимые с интервалом через определенное количество часов работы машины (сложность ремонта повышается с увеличением индекса); K — капитальный ремонт.

Основным фактором, определяющим необходимость проведения очередного ремонта, является выход из строя отдельных деталей или узлов или их значительный износ, способный привести к отказу машины в процессе работы. Чтобы поддерживать длительное время работоспособность транспортной машины, производят плановые текущие ремонты (годовые, ежемесячные).

Годовой график ремонтов отражает периодичность и вид ремонта, длительность его выполнения, а также включает в себя заявки на сменные детали и сборочные единицы, материалы, инструменты, штатное расписание ремонтных рабочих. На основании годового графика текущих ремонтов составляют месячные графики ППР, в которых указывают даты начала ремонтов в планируемом месяце и продолжительность каждого ремонта. По каждому текущему ремонту составляют ремонтную ведомость.

3.5. Автоматизация транспортных машин и процесса транспортирования, диспетчеризации

Автоматизация производства — основа развития современной промышленности, генеральное направление технического прогресса. При автоматизации производства функции управления и контроля, ранее выполняемые человеком, передаются приборам, аппаратам и автоматическим устройствам.

Автоматизация технологических процессов в горнорудной промышленности, в частности, процесса транспортирования, обеспечивает постоянную взаимосвязь входящих в комплекс машин, повышение производительности горняков и уменьшение обслуживающего персонала, увеличение срока службы и повышение надежности машин, поддержание оптимальных режимов их работы.

Различают частичную, комплексную и полную автоматизацию.

Частичная автоматизация обеспечивает автоматическое управление отдельными машинами или механизмами, не имеющими связей и блокировок со всеми машинами, участвующими в едином технологическом процессе транспортирования.

Комплексная автоматизация обеспечивает автоматическое управление всеми транспортными машинами и вспомогательными устройствами, участвующими в процессе транспортирования, по заданным режимам и программам. При комплексной автоматизации функции обслуживающего персонала сводятся к выбору режимов работы, управлению комплексом машин и контролю за процессом транспортирования.

Полная автоматизация является высшей ступенью автоматизации и обеспечивает выполнение всех функций по управлению машинами без непосредственного участия человека. Роль человека при полной автоматизации сводится к контролю за работой приборов автоматизации. Полная автоматизация возможна только при механизации всех основных и вспомогательных процессов.

В настоящее время произведена частичная автоматизация шахтного и карьерного транспорта и начато внедрение комплексной автоматизации.

На рудных шахтах получила распространение система автоматического управления движением электровозов с помощью сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ) и

диспетчеризации. Начато внедрение системы автоматического вождения поездов без машиниста по заданному маршруту.

Организация движения самоходного оборудования осуществляется автоматической системой светофорной сигнализации и блокировки (АССБ), обеспечивающей с помощью путевых датчиков регистрацию движения самоходных машин по трассе и управление светофорами.

Наиболее полная автоматизация, достигнутая на конвейерном транспорте, включает в себя: автоматическое дистанционное управление отдельными конвейерами и конвейерными линиями, обеспечивающее последовательный пуск конвейеров в порядке, обратном направлению грузопотока, и другие функции; автоматический контроль и регулирование режимов работы конвейеров (например, регулирование скорости ленты в соответствии с требуемой производительностью и др.).

На некоторых транспортных установках, полная автоматизация которых технически сложна и экономически нецелесообразна, применяют дистанционное управление с выносных пультов и пунктов управления, совмещение операций, выполняемых обслуживающим машинистом персоналом, диспетчерский контроль. К таким установкам относятся скреперные лебедки, электровозы с дистанционным управлением при погрузке и разгрузке руды, вагоноопрокидыватели, установки для обмена вагонеток в клетях на приемных площадках.

Дистанционное управление с автоматизацией отдельных операций внедрено на погрузочно-транспортных машинах с целью использования их в опасных зонах, камерах и погрузочных заездах, на пунктах загрузки автосамосвалов вибропитателями и т. д. Дистанционное управление отдельными установками, например, конвейерными линиями, может осуществляться с диспетчерских пунктов, оснащенных для отображения информации и измерения технологических параметров диспетчерскими мозаичными щитами и пультами с мнемосхемами и измерительными приборами.

Для поддержания в оптимальном режиме процессов транспортирования применяют автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУТП), включающие датчики контроля, телемеханические каналы связи, ЭВМ и органы управления. Такая автоматическая система обеспечивает сбор, обработку и выдачу диспетчеру информации о состоянии и местонахождении транспортных машин, выбор пунктов назначения (например, погрузочных и разгрузочных пунктов), выработку и передачу диспетчеру оптимального маршрута движения транспортных машин.

3.6. Мероприятия по снижению запыленности, шума и вибрации транспортных машин

При работе на рудничном транспорте организм человека подвергается воздействию неблагоприятных производственных факторов, таких как повышенная запыленность воздушной среды и ее загрязнение вредными примесями отработавших газов двигателей внутреннего сгорания, повышенные шум и вибрации, источниками которых являются некоторые транспортные машины и вспомогательные механизмы. С целью доведения до санитарных норм запыленности и содержания в воздухе вредных примесей, снижения температуры, уровня шума и вибрации проводят комплекс оздоровительных мероприятий, совершенствуют отдельные узлы транспортных машин, что обеспечивает значительное улучшение условий труда обслуживающего персонала.

Повышенная запыленность воздуха возникает при движении транспортных машин, особенно в местах погрузки и разгрузки горной массы. Основными способами снижения запыленности воздуха являются вентиляция, устройство водяных завес, орошение водой горной массы. Некоторые погрузочные и погрузочно-транспортные машины оборудуют индивидуальными оросителями, установленными на самих машинах.

Для снижения в воздухе до санитарной нормы токсичных компонентов, содержащихся в отработавших газах двигателей внутреннего сгорания, проводят комплекс мероприятий, основными из которых являются подача дополнительного количества свежего воздуха и газоочистка с помощью специальных нейтрализаторов, установленных на самоходных транспортных машинах.

При работе на больших глубинах и в карьерах при повышенной температуре окружающего воздуха кабины транспортных машин оборудуют установками кондиционирования воздуха.

Для уменьшения шума и вибрации все шумогенерирующие агрегаты транспортных машин закрепляют на вибропоглощающих резинометаллических амортизаторах, а на пневматических и дизельных двигателях устанавливают глушители. Рабочие опорные площадки (подножки) погрузочных машин снабжают виброзащитной подвеской. Сиденья, установленные в кабинах транспортных машин, покрывают виброизолирующими материалами и оборудуют поддрессорирующей и демпфирующей системами (например, пружинной подвеской с гидравлическим амортизатором). Положение сиденья легко регулируется в соответствии с массой и ростом водителя машины. Снижение вибраций самоходных машин может быть достигнуто за счет обеспечения надлежащего состояния дорог и правильного выбора предельной скоростью движения в зависимости от дорожного покрытия.

На некоторых подземных самоходных машинах устанавливают приборы, контролирующие параметры колебательных движений, что позволяет водителю выбирать скорость машины в соответствии с показаниями этих приборов.

Коренное улучшение условий труда и повышение производительности достигается при полной механизации всех вспомогательных процессов, дистанционном и автоматизированном управлении транспортными машинами. При дистанционном управлении оператор находится в безопасном месте с хорошим обзором, где значительно снижены уровни шума и запыленности воздуха и исключено воздействие вибраций машины. Некоторые транспортные машины оборудованы автоматическими системами управления, что позволяет до минимума сократить время пребывания человека в забое, а в будущем обеспечить безлюдную выемку полезных ископаемых.

3.7. Охрана окружающей среды

Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов представляют собой задачу первоочередной экономической и социальной значимости. Подземная разработка полезных ископаемых по сравнению с открытой разработкой позволяет сохранить земельные угодья, однако при этом часть земельных площадей приходится занимать под отвалы пустой породы, наземные сооружения, транспортные коммуникации.

Эксплуатация рудничного транспорта, используемого при подземной добыче руд, тесно связана с вопросами охраны окружающей среды. Так, например, применение трубопроводного транспорта для твердеющей и гидравлической закладки позволяет при правильно выбранной системе разработки повысить извлечение руд из недр, предотвратить деформацию горных пород и оседание земной поверхности. При использовании попутно добываемых пустых пород в закладочных материалах значительно снижается объем породы, выдаваемой на поверхность. Применение гидротранспорта обуславливает необходимость многократного использования воды по замкнутому циклу. При этом сбрасываемые шахтные воды должны обязательно подвергаться очистке перед сбросом.

Использование трубопроводного транспорта для доставки дизельного топлива на подземные заправочные пункты самоходных машин позволяет предохранить от загрязнения шахтную поверхность и горные выработки. С этой же целью отработанные масла необходимо собирать по сортам в специальные герметизированные контейнеры и в них выдавать на шахтную поверхность.

Генеральным направлением должна быть комплексная переработка сырья, поэтому выдаваемую на поверхность породу необходимо перерабатывать на различные строительные материалы. Если же порода складывается в отвалы, то их необходимо располагать в естественных складках местности или на земельных участках, не пригодных для сельскохозяйственных работ. Для перемещения породы в отвал следует максимальна использовать транспортные машины непрерывного действия (конвейеры, канатные дороги), которые обеспечивают транспортирование породы по кратчайшему пути, не загрязняя воздушную среду отработавшими газами.

При формировании отвалов необходимо принимать меры по обеспечению минимальной запыленности воздушной среды. Отвалы породы после их рекультивации должны приводиться в состояние, пригодное для использования в народном хозяйстве.

Вопросы для самопроверки

1. Перечислите характерные условия эксплуатации транспортных машин на горно-рудных предприятиях.
2. Дайте определение технологической схемы рудничного транспорта. Что такое комбинированная технологическая схема рудничного транспорта?
3. Что такое система планово-предупредительных ремонтов (ППР)? Какие виды технического обслуживания и ремонтов включает система ППР?
4. Дайте определение частичной, комплексной и полной автоматизации транспортных машин и процессов транспортирования.
5. Перечислите основные мероприятия по снижению запыленности рудничной атмосферы, шума и вибрации транспортных машин.

II. РУДНИЧНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

4. САМОХОДНЫЕ ПОГРУЗОЧНО-ТРАНСПОРТНЫЕ И ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ

4.1. Общие сведения и классификация

К самоходному оборудованию относятся все виды горно-транспортных машин, способных самостоятельно передвигаться по почве выработок на пневмоколесном или гусеничном механизме перемещения с дизельным, электрическим, пневматическим или другим видом привода.

Самоходное оборудование, используемое для комплексной механизации очистных и подготовительных работ при подземной разработке рудных месторождений, разделяют на основное технологическое и вспомогательное.

По назначению и выполняемым операциям самоходные машины можно классифицировать на буровые станки и бурильные установки¹, погрузочные, погрузочно-транспортные и транспортные.

Погрузочная машина производит зачерпывание (захват) исполнительным органом, подъем на определенную высоту и перегрузку горной массы в транспортные средства.

Погрузочно-транспортная машина осуществляет зачерпывание горной массы, ее транспортирование на некоторое расстояние и перегрузку в рудоспуск или в различные транспортные средства.

Транспортная самоходная машина обеспечивает только перемещение горной массы и ее разгрузку. Загрузку транспортных самоходных машин производят различными погрузочными средствами.

К самоходным машинам рудничного транспорта (рис. 4.1) относятся погрузочные машины, подземные экскаваторы и бульдозеры*, подземные автосамосвалы и различные транспортные самоходные машины для перевозки вспомогательных грузов и людей.

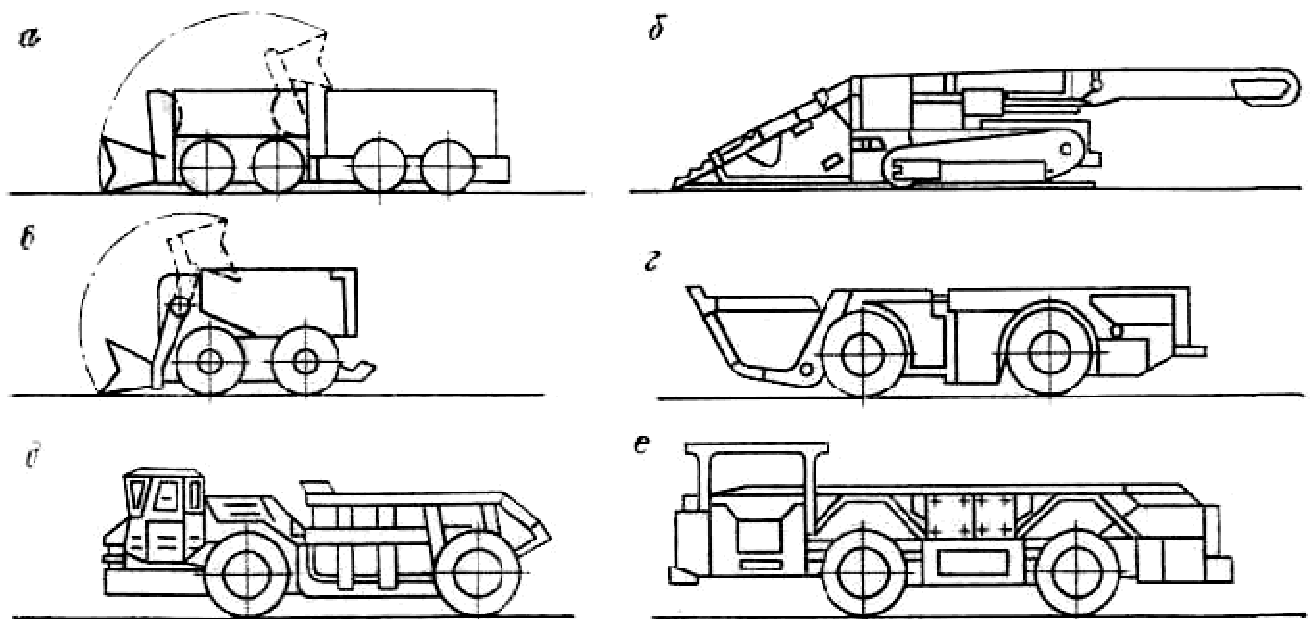


Рис. 4.1. Самоходные машины: а — погрузочная ковшовая периодического действия; б — погрузочная с нагребными лапами непрерывного действия; в — погрузочно-транспортная с ковшевым исполнительным органом и грузонесущим кузовом; г — погрузочно-транспортная с совмещенным погрузочно-транспортным ковшем; д — подземный автосамосвал с опрокидным кузовом; е — самоходный вагон с донным конвейером

Большинство самоходных машин оснащены пневмошинным механизмом перемещения, реже — гусеничным, и только некоторые конструкции погрузочных машин, которые условно относят к самоходным машинам, имеют колесно-рельсовый механизм перемещения.

На самоходных машинах устанавливают индивидуальный дизельный привод, обеспечивающий мобильное перемещение машины, пневматический и электрический привода,

¹ Изучается в курсе «Горные машины».

питание которых осуществляется по шлангу, кабелю или троллейному проводу, что, однако, сужает радиус действия и снижает маневренность машины.

На очистных и подготовительных работах в рудных шахтах используют ковшовые пневмоколесные погрузчики, реже — подземные экскаваторы, а также погрузочные машины с парными нагребными лапами.

Погрузочно-транспортные машины по конструктивному исполнению разделяются на два основных типа: с совмещенным погрузочно-транспортным ковшом (типа ПД), загружающимся за одно или несколько черпаний и служащим для транспортирования горной массы к пункту разгрузки; с ковшовым исполнительным погрузочным органом и транспортным кузовом (типа ПТ), загружаемым за несколько черпаний собственным ковшом. Кроме выполнения основной операции по транспортированию горной массы погрузочно-транспортные машины можно использовать на загрузке транспортных машин, а также на вспомогательных операциях по зачистке почвы выработок, прокладке дорог и доставке в ковше или кузове различных вспомогательных грузов.

К самоходным транспортным машинам относятся: самоходные вагоны, оборудованные кузовом с встроенным в днище скребковым конвейером, предназначенным для распределения горной массы по кузову при погрузке и разгрузке, или опрокидным кузовом небольшой вместимости; автосамосвалы, оборудованные, как правило, опрокидным кузовом, или, реже, телескопическим кузовом, разгрузка которого производится специальным выталкивателем горной массы.

Широко применяются вспомогательные самоходные машины, предназначенные для транспортирования людей, различных грузов и оборудованные устройствами для монтажных, строительных и дорожных работ, оборки и крепления кровли и т. д. Основные преимущества самоходных машин: высокая производительность; мобильность и маневренность, что позволяет увеличить коэффициент использования машин в течение смены за счет сокращения времени на переезды между забоями; универсальность, обеспечивающая использование одних и тех же самоходных машин на подготовительных, очистных и других вспомогательных работах; облегчение труда горнорабочих и повышение культуры производства.

К основным недостаткам самоходного оборудования относятся: высокая стоимость самого оборудования и его эксплуатации; большой штат обслуживания; высокая трудоемкость ремонтных работ; необходимость увеличения сечения выработок для перемещения мощных транспортных машин; значительный расход воздуха на вентиляцию при использовании дизельного привода в подземных условиях, что влечет за собой проходку на крупных шахтах дополнительных вентиляционных стволов.

Применение самоходного оборудования на доставке руды наиболее эффективно при разработке месторождений с мощностью залежей не менее 3—5 м, устойчивыми рудами, при отсутствии большого горного давления. Запас обособленного рудного тела или блока с отдельным заездом для самоходных машин должен составлять около 50÷100 тыс. т в зависимости от типа и производительности используемой машины.

В мировой и отечественной практике самоходные машины широко применяются при различных вариантах камерно-столбовой системы разработки руд, системах этажного принудительного обрушения и подэтажного обрушения горизонтальных слоев с закладкой, камерно-целиковой системе с закладкой и др. Так, на отечественных шахтах самоходным оборудованием добывается около 50% руд цветных металлов, из них 50% — при камерно-столбовой системе разработки, 15% — при этажном и подэтажном обрушениях, 15% — при этажно-камерной системе с отбойкой подэтажных штреков и 20% — при системе разработки с закладкой.

Использование самоходного оборудования влечет за собой значительные изменения в технологии добычи руд, что требует модернизации систем разработки и внесения таких новых элементов как погрузочные заезды с основного горизонта на горизонты бурения и выпуска и наклонные съезды вместо материально-ходовых восстающих.

Благодаря увеличению длины доставки самоходным оборудованием по сравнению со скреперными установками появилась возможность изменения подготовки залежей к отработке и сокращения трудоемкости горно-подготовительных и нарезных работ.

Использование самоходного оборудования на отечественных рудных шахтах, например, по добыче руд цветных металлов, позволило: повысить производительность труда забойного

рабочего на очистных работах в 1,5—2,5 раза, на подготовительных работах — в 3—4 раза; сократить в 1,5—2 раза объем подготовительно-нарезных работ на 1000 т добытой руды по сравнению со скреперной доставкой; повысить энерговооруженность труда в 2—3 раза; снизить себестоимость руды на 10—30%.

4.2. Комплексы самоходных машин для очистных и подготовительных работ

Для обеспечения механизации всех звеньев технологических процессов очистных и подготовительных работ на практике формируют комплексы самоходных машин, в которые кроме самоходных погрузочных, погрузочно-транспортных и транспортных машин входят самоходные бурильные установки. Самоходные машины вспомогательного назначения (машины для перевозки людей, топливозаправщики, передвижные мастерские, краны и др.) не входят в основные комплексы самоходных машин для очистных и подготовительных проходческих работ, а являются составной частью участков или общешахтных специализированных служб и предназначены для обслуживания нескольких основных комплексов.

Состав комплексов самоходных машин для очистных и подготовительных проходческих работ, отличающихся типоразмерами машин и их числом, рекомендуется выбирать с учетом природных, технологических и экономических факторов (мощности и угла залегания рудного тела, системы разработки, крепости и устойчивости руды и вмещающих пород, схемы транспортирования руды и производительности оборудования, капитальных затрат на приобретение, доставку и монтаж оборудования, затрат на его эксплуатацию и ремонт), а также с учетом обеспечения безопасности труда.

Эффективность использования комплекса значительно повышается, если входящие в комплекс самоходные машины оснащены одинаковыми приводами и механизмами перемещения. Для конкретных условий эксплуатации выбор наиболее рационального набора оборудования самоходного комплекса производят на основании технико-экономических методов сравнения различных вариантов.

Так как характер работы погрузочно-транспортных и транспортных самоходных машин при проходке выработок и выемке руды взрывной отбойкой существенно не отличается, то в проходческие и очистные комплексы в определенных условиях эксплуатации могут входить одни и те же самоходные машины. Область применения самоходных комплексов определяется, в основном, конструкцией погрузочно-транспортной или транспортной машины, входящей в комплекс (табл. 4.1).

Погрузочно-транспортные машины с грузонесущим ковшом (типа ПД) различной грузоподъемности, оснащенные дизельным приводом, применяют на очистных и подготовительных работах при длине транспортирования 50—400 м и сечении выработок от 6 до 14 м².

Погрузочно-транспортные машины с ковшом и кузовом (типа ПТ), оснащенные пневмоприводом, применяют, в основном, при проходке выработок и, реже, на очистных работах при длине транспортирования 30—100 м.

**Горно-технические параметры самоходных машин для погрузки, доставки и
транспортирования горной массы**

Тип самоходного оборудования	Типоразмер	Грузоподъемность, т	Размер кондиционного куска, м	Минимальное сечение выработки, м ²	Преодолеваемый подъем, градус	Длина транспортирова ния, м		Годовая производительность, тыс. т		
						макси мальн ая	оптима льная			
Ковшовые погрузочно- транспортные машины типа ПД	I	2	0,20-0,3	6	12-18	100	50	30-50		
	II	3	0,3-0,4	7		150	60-80	50-100		
	III	5	0,4-0,5	9		200	100	80-150		
	IV	8	0,6-0,8	10	12-15	300	100-150	150-250		
	V	12	0,8-1	14		400	150-200	200-300		
Бункерные погрузочно- транспортные машины типа ПТ	I	2,5	0,1-0,15	4	8-10	50	30	20-30		
	II	4	0,2	7		80	50	30-50		
	III	6	0,2-0,3	9		100	70	50-70		
Автосамосвалы	I	10-15	0,6-0,8	10	4-10	1000	400	100-150		
	II	20-25	0,8-1	16		1500	500	150-300		
	III	35-40	1-1,5	18-20		3000	700	200-400		
Колесный погрузчик с высотой разгрузки 2,5-5 м	—	8	0,8-1	—	12-18	—	—	200-300		
Подземный экскаватор с высотой разгрузки 2-5 м	—	Вмести мость ковша 1-1,2 м ³	0,8	40-70	10-15			180-200		
Погрузочные машины с нагребающими лапами	I	—	0,4	4	6-8					50-60
	II		0,4-0,5	6						80-100
	III		0,6	8	8-10	150-180				
	IV		0,8	10		200-250				

Автосамосвалы используют в сочетании с различными погрузочными средствами: погрузочными машинами с нагребными лапами (рис. 4.2, а), экскаваторами, ковшовыми колесными погрузчиками, вибропитателями. Оптимальная длина транспортирования автосамосвалами — до 700 м, максимальная — до 3000 м, минимальное сечение выработок 16—20 м². Благодаря большой длине транспортирования можно уменьшить число блоковых рудоспусков и транспортных заездов. В определенных условиях эксплуатации автосамосвалами транспортируют руду от забоев до околоствольного двора, а иногда и на поверхность шахты при вскрытии месторождения штольными или наклонными стволами с углами наклона не более 6—10°.

Использование автосамосвалов на очистных работах в сочетании с погрузочными машинами с нагребными лапами или с экскаваторами на гусеничном механизме передвижения малоэффективно, так как эти машины маломаневренные. Лучшие результаты достигаются при сочетании автосамосвалов с погрузочно-транспортной машиной с грузонесущим ковшом (типа ПД), выполняющей роль погрузчика (рис. 4.2, б) или с колесным ковшовым погрузчиком (грузоподъемность ковша 8 т и более).

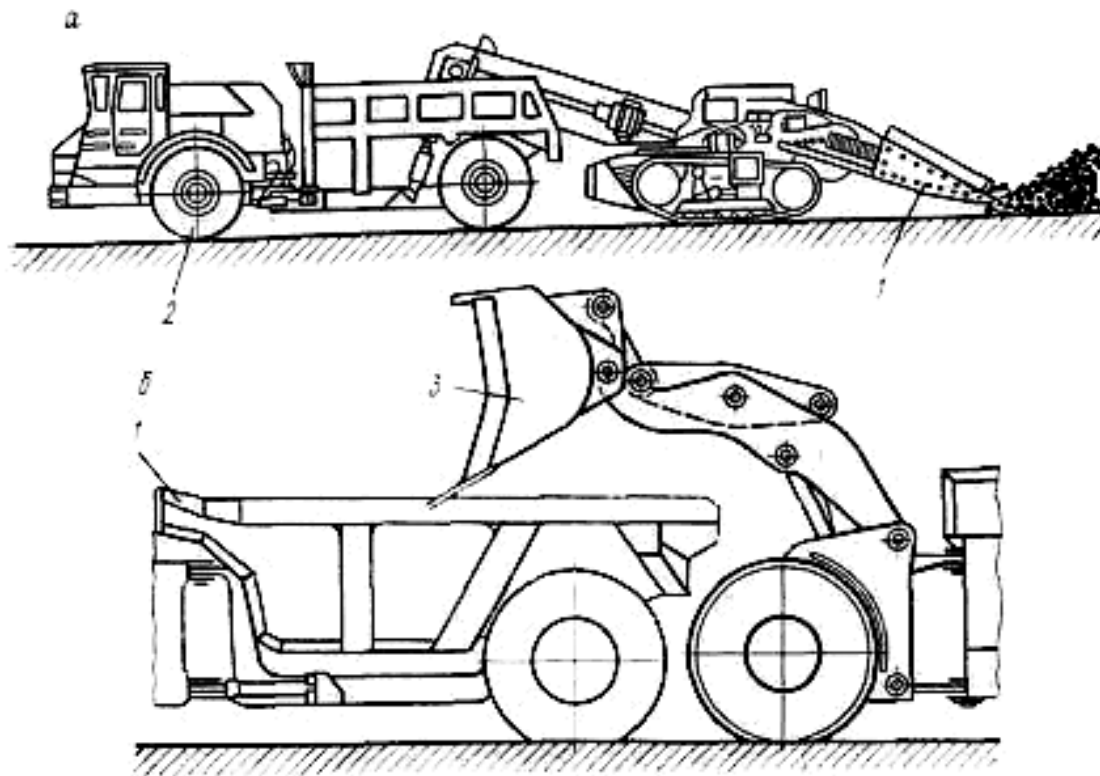


Рис. 4.2. Комплексы самоходного транспортного оборудования: *а* — автосамосвал (2) — погрузочная машина с нагребающими лапами (1); *б* — автосамосвал (1) — погрузочно-транспортная машина (3)

Самоходные вагоны с донным скребковым конвейером применяются, в основном, при машинной отбойке калийных руд в сочетании с проходческим комбайном и бункер-перегрузателем для доставки руды из камеры от комбайнового комплекса до блокового конвейера.

4.3. Конструктивные особенности самоходных погрузочно-транспортных и транспортных машин

Рассмотрим конструктивные особенности наиболее широко применяемых отечественных и зарубежных погрузочно-транспортных машин типа ПД и подземных автосамосвалов, используемых для доставки горной массы.

Эти машины имеют: шарнирно сочлененную несущую раму; пневмошинный механизм перемещения (движитель), в основном, со всеми ведущими мостами; дизельный двигатель с системой нейтрализации отработавших газов или электрический двигатель с кабельным, кабельно-троллейным, аккумуляторным или троллейно-аккумуляторным питанием; систему управления, обеспечивающую движение машины вперед или назад без разворота по челноковой схеме.

Все сборочные единицы погрузочно-транспортной машины с грузонесущим ковшом (типа ПД) с дизельным или электрическим приводом (рис. 4.3) скомпонованы на шарнирно сочлененной раме, состоящей из передней 1 и задней 2 полурам, соединенных между собой двойным шарниром 3 и опирающихся на пневмошинные колеса 4. На передней полураме 1 расположен погрузочно-несущий орган, состоящий из ковша 5, стрелы 6, рычажного механизма и силовых гидроцилиндров 7 (один — для подъема стрелы и два — для поворота ковша). На задней полураме 2 расположены дизельный или электрический двигатель, кабельный барабан 8, трансмиссия, гидропривод погрузочного органа, механизм поворота машины 9 и кабина 10.

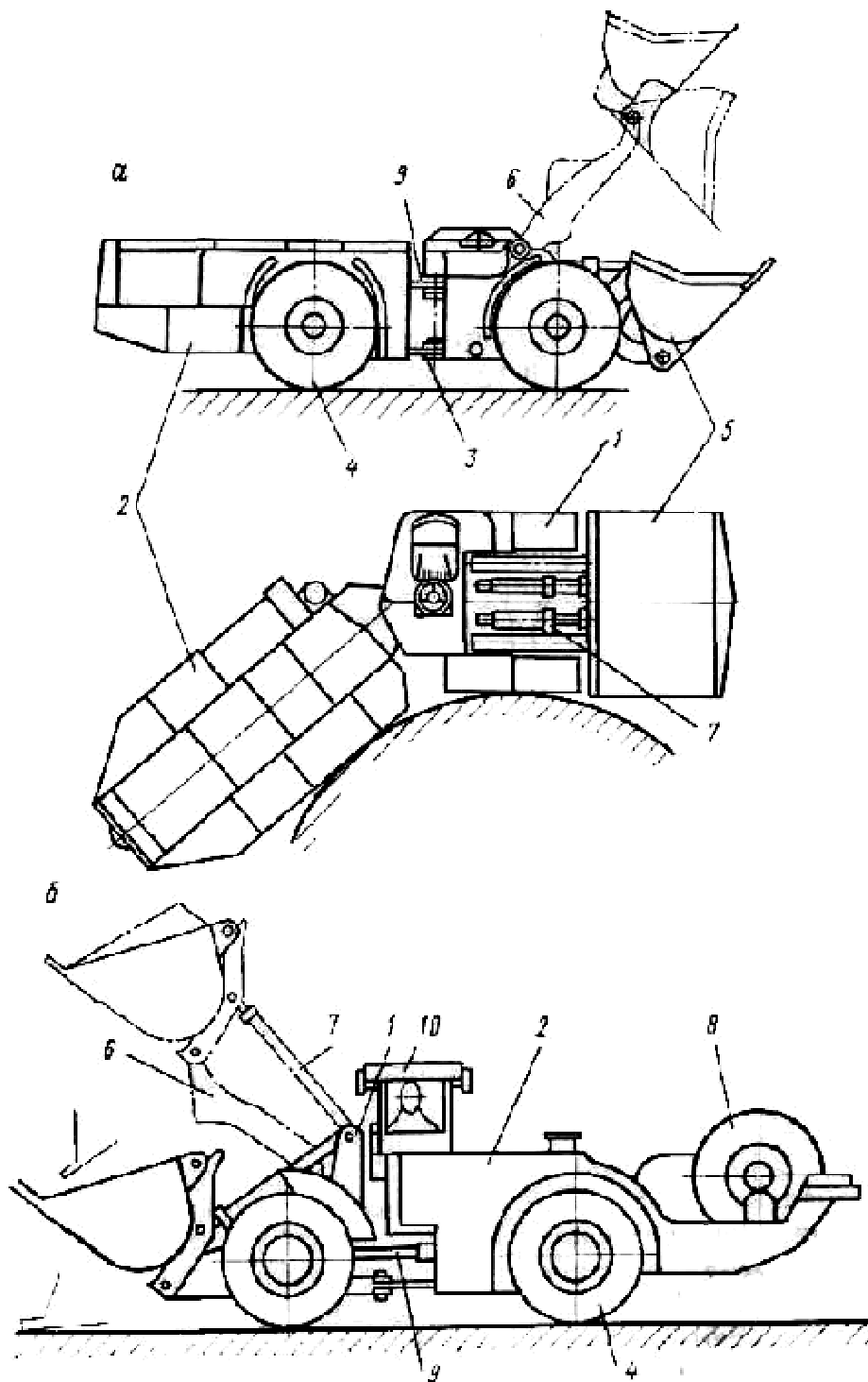


Рис. 4.3. Погрузочно-транспортные машины типа ПД с грузонесущим ковшом: а — с дизельным приводом; б — с электрическим приводом

Подземные автосамосвалы с дизельным или электрическим приводом (рис. 4.4), как и погрузочно-транспортные машины типа ПД, имеют шарнирно сочлененную раму, состоящую из передней полурамы 1 (тягача) и задней полурамы 2 (полуприцепа), соединенных между собой двойным шарниром 3, имеющим две степени свободы, что обеспечивает угол поворота одной полурамы относительно другой $\pm(35\div45^\circ)$ в горизонтальной плоскости и $\pm(12\div18^\circ)$ в вертикальной плоскости. Благодаря шарнирно сочлененной раме достигаются хорошие маневренность, устойчивость и проходимость машины с малыми радиусами поворота в плане.

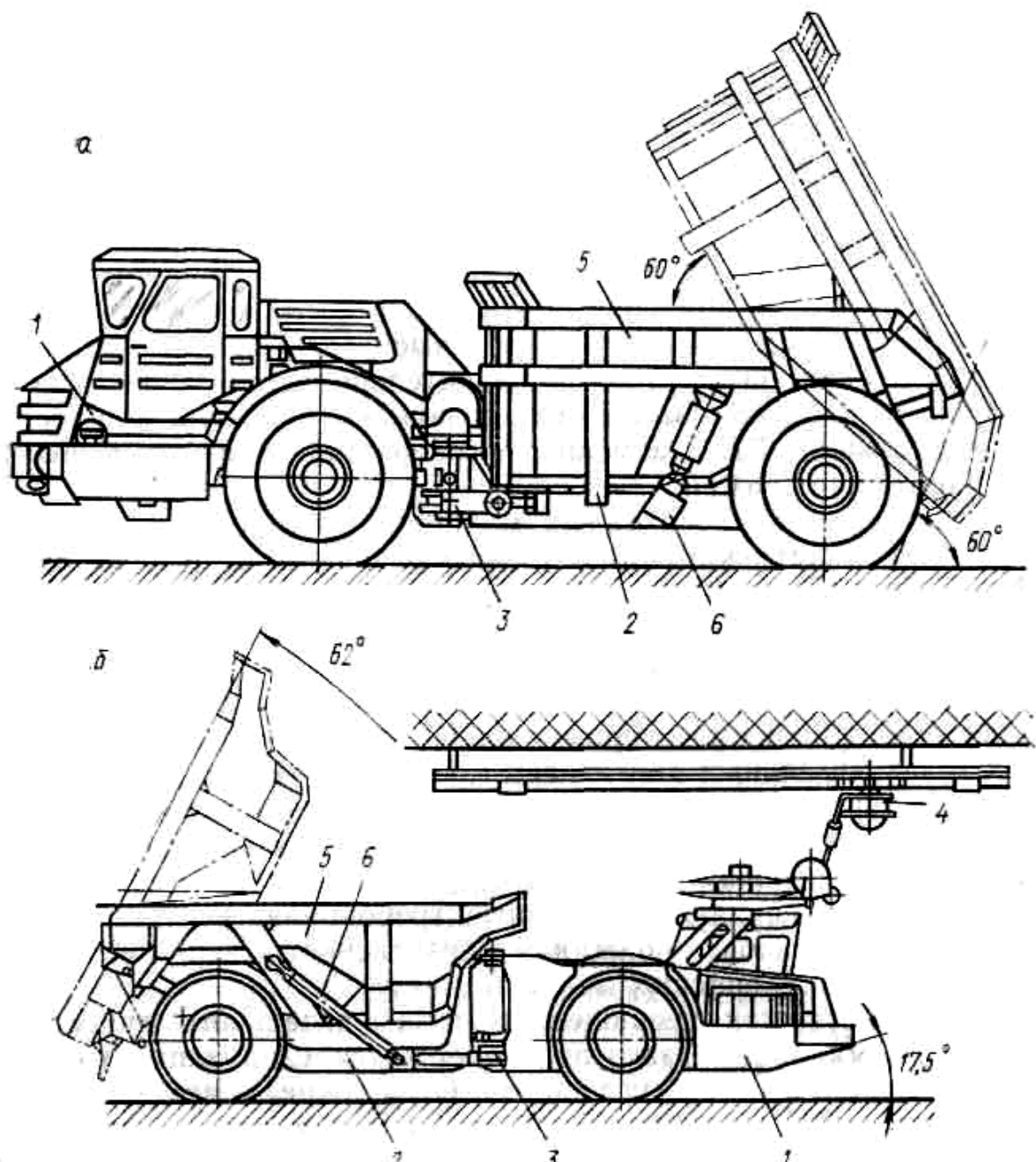


Рис. 4.4. Подземные автосамосвалы: а — типа МоАЗ (СССР); б — типа «Тамрок» 35Е (Финляндия)

На передней полураме 1 установлены дизельный или электрический привод, гидропривод управления машиной и опрокидывания кузова, кабина, а на аккумуляторно-контактном автосамосвале, кроме того, токосъемник 4. На задней полураме расположены кузов 5 и гидроцилиндры 6 опрокидывания кузова.

В качестве *приводов* современных мощных погрузочно-транспортных и транспортных самоходных машинах применяют либо поршневые четырехтактные высокоскоростные дизельные двигатели четырех-, шести-, восьми- и двенадцатицилиндровые с однорядным или V-образным расположением цилиндров, либо электродвигатели постоянного или переменного тока. В настоящее время большинство самоходных машин оборудованы дизельными двигателями с водяным или воздушным охлаждением.

В дизельных двигателях воздух и топливо поступают в цилиндры отдельно, образуя смесь, которая воспламеняется в результате повышения температуры при сильном сжатии. По сравнению с карбюраторными двигателями, в которых рабочая смесь из воздуха и легкого топлива образуется в карбюраторе до впрыска ее в рабочие цилиндры и воспламеняется в цилиндрах от запальной свечи, дизельные двигатели, несмотря на более сложную конструкцию, значительно экономичнее, работают на более дешевом топливе, развивают большую мощность, имеют больший КПД и меньшее содержание вредных веществ в отработавших газах.

На подземных самоходных машинах применяют дизельные двигатели с вихрекамерным смесеобразованием (с помощью дополнительной шарообразной камеры сгорания в головке цилиндра) и выпуском воздуха под давлением — с наддувом, создаваемым компрессором или

газотурбинной установкой. Содержание вредных веществ в отработавших газах двигателей с вихрекамерным смесеобразованием меньше, чем в отработавших газах дизельных двигателей с непосредственным впрыском топлива через форсунку. Наддув позволяет увеличить мощность двигателя на 25—30% и снизить расход топлива на 10—12%. К дизельным двигателям, работающим в подземных условиях, предъявляются основные требования: нейтрализация отработавших газов; пожарная безопасность, взрывобезопасность (для шахт, опасных по пыли и газу).

В отработавших неочищенных газах дизельного двигателя при его номинальной загрузке содержатся следующие токсичные компоненты: окись углерода — 0,2%, окислы азота — 0,2%, альдегиды — 0,004%, сернистый газ, пары масла, сажа. При работе двигателя вхолостую содержание указанных выше компонентов повышается в несколько раз. Согласно требованиям Инструкции по безопасному применению самоходного (нерельсового) оборудования в подземных рудниках содержание вредных компонентов в отработавших газах дизеля не должно превышать санитарных норм: окись углерода — 0,08%, окислы азота—0,05%, альдегиды — 0,001%.

Наиболее опасными являются окись углерода, окислы азота и сернистый газ, причем содержание последнего в отработавших газах должно быть незначительно. Снижение вредных компонентов в отработавших газах дизельных двигателей до требуемой нормы может быть достигнуто:

- регулировкой топливной аппаратуры на оптимальный режим работы двигателя с минимальными газовыделением и временем работы двигателя вхолостую;
- подбором топлива и добавкой в него присадок (продуктов перегонки нефти и др.), изменяющих химические реакции окисления углеводородов, что значительно снижает содержание окиси углерода и сажи в отработавших газах;
- газоочисткой нейтрализаторами;
- подачей дополнительного количества воздуха.
- Режим работы дизельного двигателя должен выбираться по максимальной мощности, а снижение концентрации вредных компонентов в отработавших газах осуществляют путем уменьшения угла опережения впрыска топлива до 11—14°. Заправку дизеля необходимо производить свежим неокисленным топливом с содержанием серы не более 0,5%.
- На самоходных подземных машинах с дизельным двигателем применяют, в основном, комбинированную двухступенчатую систему газоочистки, состоящую из каталитического и жидкостного нейтрализаторов (рис. 4.5).

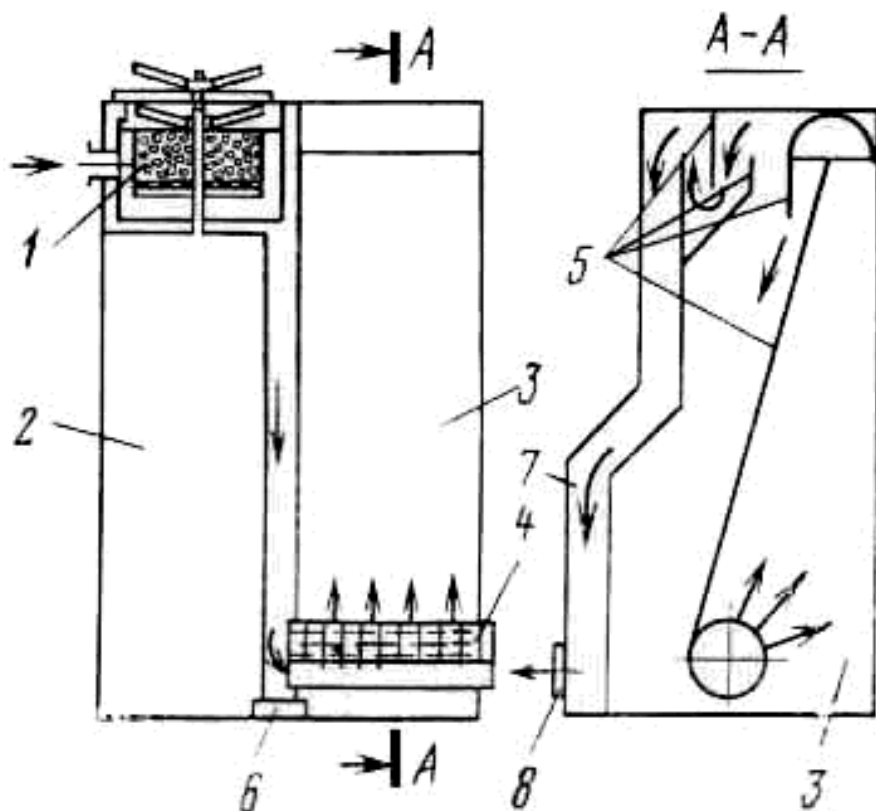


Рис. 4.5. Схема нейтрализации отработавших газов дизельного двигателя

Отработавшие газы из рабочих цилиндров дизельного двигателя через выхлопные коллекторы поступают в каталитический нейтрализатор 1, представляющий собой закрытый сетками с торцов стальной цилиндр, заполненный алюминиоплатиновыми каталитическими элементами, например, шариками диаметром 3,5—6 мм, покрытыми специальной каталитической пленкой (платиной). В каталитическом нейтрализаторе происходит окисление (дожигание) окиси углерода и альдегидов. В зависимости от режима работы дизельного двигателя каталитический нейтрализатор обеспечивает эффективность очистки отработавших газов 50—90%.

После первой ступени — каталитического нейтрализатора — отработавшие газы поступают во вторую ступень газоочистки — жидкостной нейтрализатор, представляющий собой сосуд, частично заполненный раствором химреагента (10% раствором сульфата натрия или 10% раствором двууглекислой соды) или водой. Сосуд разделен на сообщающиеся отсеки — барботажный 2 и дополнительный 3. Отработавшие газы из каталитического нейтрализатора через отверстия в коллекторе 4 поступают в барботажный отсек. При подъеме газов в верхнюю часть жидкостного нейтрализатора происходят нейтрализация водорастворимых вредных компонентов, снижение содержания окислов: азота, альдегидов, улавливание сажи, а также снижение температуры отработавших газов. На пути дальнейшего следования отработавших газов установлены каплеотбойные пластины 5, обеспечивающие отделение капель воды, которая накапливается в дополнительном отсеке 3 и через отверстие 6 перетекает в барботажный отсек 2. Отработавшие газы через полость 7 и патрубков 8 выходят в рудничную атмосферу.

С целью снижения концентрации токсичных примесей отработавших газов в рудничной атмосфере до санитарных норм в выработки, где работают самоходные машины, подают свежий воздух из расчета не менее $6,8 \text{ м}^3/\text{мин}$ на 1 кВт номинальной мощности дизельных двигателей.

Самоходные машины с дизельными двигателями оборудуют автоматической системой пожаротушения, обеспечивающей при превышении допустимой температуры подачу углекислоты из специальных баллонов во всасывающий и выхлопной коллекторы двигателя и в распылители, направленные в зоны турбокомпрессора, топливного бака и топливного насоса. Взрывобезопасность самоходных машин, работающих в шахтах, опасных по газу или пыли, обеспечивается путем установки пакетной защиты (пламегасителей) на всасе и выхлопе.

Трансмиссия самоходной машины предназначена для передачи и преобразования крутящего момента от коленвала двигателя к колесам машины. На современных подземных самоходных машинах обычно применяют гидромеханическую трансмиссию (рис. 4.6), состоящую (последовательно от двигателя к колесам) из согласующего редуктора, гидротрансформатора, коробки перемены передач планетарного типа с гидравлическим управлением, карданных валов на ведущие мосты, которые включают в себя главную передачу, дифференциалы с полуосями и планетарные колесные редукторы.

Согласующий редуктор предназначен для приведения в соответствие рабочих характеристик двигателя и гидротрансформатора, а также служит коробкой отбора мощности для привода гидронасосов погрузочного органа и рулевого управления.

Гидротрансформатор, включающий насосное и турбинное колеса, предназначен для автоматического бесступенчатого преобразования крутящего момента. В зависимости от внешнего сопротивления автоматически в определенных пределах изменяется крутящий момент на турбинном валу при относительно малом изменении крутящего момента на ведущем валу насосного колеса, соединенного муфтой с выходным валом согласующего редуктора.

В целях экономии топлива, снижения уровня шума трансмиссии машины предусмотрена автоматическая блокировка: гидротрансформатора. При заблокированном гидротрансформаторе передача работает как обычная механическая, при этом: КПД ее резко повышается. Автоматическое включение блокировки осуществляется в зависимости от частоты вращения коленчатого вала двигателя и дорожных условий.

Гидромеханическая передача обеспечивает плавное изменение тягового усилия на ведущих колесах и скорости перемещения в зависимости от сопротивления движению машины, что достигается бесступенчатым изменением передаточного числа и крутящего момента гидротрансформатора и переключением коробки передач (2, 3 или 4 скорости вперед и 2, 3 или 4 скорости назад).

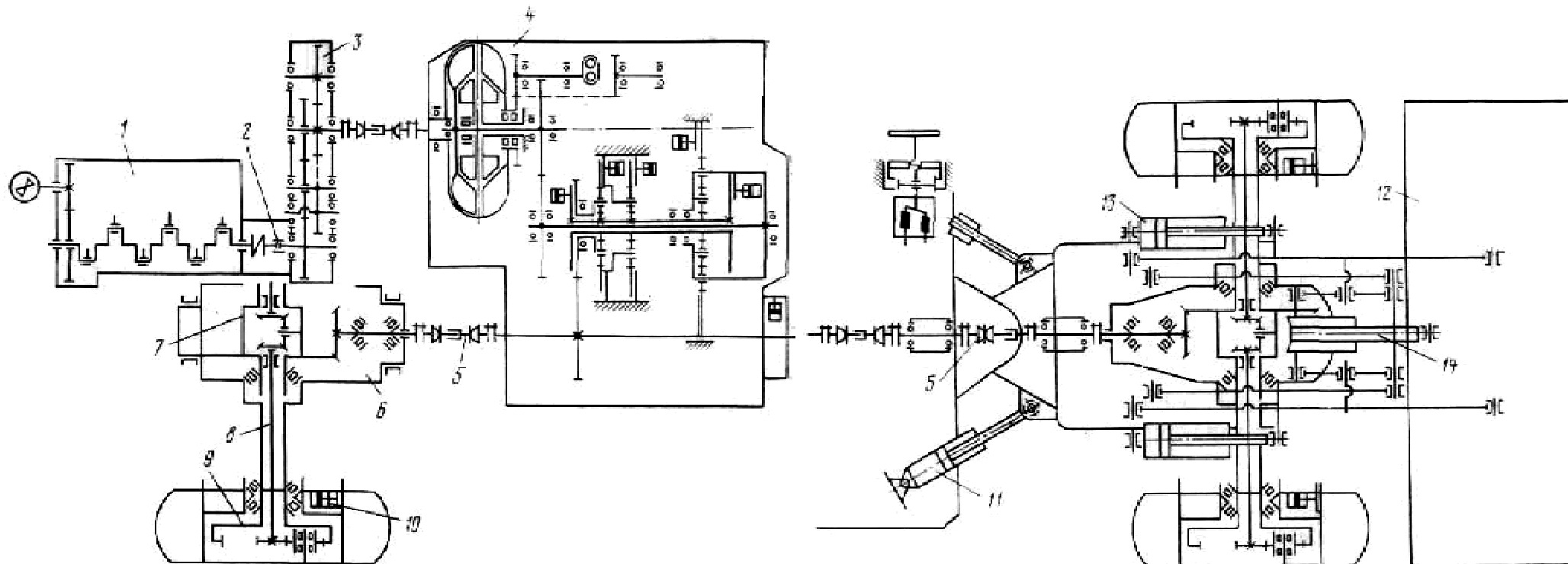


Рис. 4.6. Кинематическая схема погрузочно-транспортной машины ПД-5: 1 — двигатель; 2 — демпферное соединение; 3 — редуктор согласующий; 4 — гидратрансформатор с коробкой передач планетарного типа; 5 — карданный вал ведущего моста; 7 — дифференциал; 8 — полуось; 9 — планетарный колесный редуктор; 10 — тормоз рабочий; 11 — гидроцилиндр поворота машины; 12 — ковш; 13 и 14 — гидроцилиндры соответственно подъема стрелы и поворота ковша

Основные преимущества гидромеханической передачи — улучшение динамических характеристик машины, увеличение срока службы двигателя и предохранение его от перегрузок при резком изменении режима работы и др. Недостатки — высокая стоимость, относительно низкий КПД.

Ведущий мост самоходной машины включает в себя главную передачу, одноступенчатый редуктор и межколесный дифференциал, полуоси и колесные редукторы планетарного типа. Главная передача служит для передачи крутящего момента с карданного вала на полуоси и для установления с помощью дифференциальной передачи необходимого соотношения чисел оборотов левого и правого колес при изменении профиля дорожного полотна и условий движения машины.

В погрузочно-транспортных машинах для обеспечения максимального тягового усилия при черпании оба моста являются ведущими. Передний мост имеет межколесный самоблокирующийся дифференциал, обеспечивающий создание необходимого напорного усилия машины при внедрении ковша в горную массу. Передний мост крепится к полураме машины жестко, а задний мост — балансирно, что обеспечивает контакт всех колес машины с почвой выработки.

Основным элементом *колеса* самоходной машины является эластичная пневматическая шина, состоящая из покрышки, камеры и ободной ленты, которая предохраняет камеру от защемления между бортом покрышки и ободом колеса. В основном на самоходных машинах применяют камерные шины. Благодаря эластичности пневматических шин обеспечивается амортизация динамических нагрузок в элементах машины в процессе ее работы.

Покрышка пневматической шины (рис. 4.7, *а*) состоит из каркаса 4, промежуточного слоя — брекера 3 и наружного резинового слоя — протектора 1. Каркас выполнен многослойным (14—26 слоев) из капроновых, нейлоновых или металлических кордовых нитей. Брекер повышает сопротивление шины пробоя и выполняется из резины или проволоочной сетки. Протектор изготовляют из прочной износостойкой резины с грунтозацепами 2, благодаря которым обеспечивается надежное сцепление колеса с почвой выработки. Для самоходных машин применяют шины с крупным рисунком грунтозацепов с глубокой поперечной нарезкой (так называемый карьерный рисунок). Давление воздуха в шинах в зависимости от грузоподъемности машины составляет 0,5—0,8 МПа. На самоходных машинах применяют шины размером от 9.00—15 до 21.00—33 (первая цифра — ширина профиля шины в дюймах, вторая — диаметр обода). Срок службы пневмошин в шахтных условиях составляет 300—600 мото-ч.

Причиной износа шин является истирание или разрыв протектора. Эксплуатационные расходы на шины в общих транспортных расходах довольно высоки и находятся в пределах: 20—50%. С целью увеличения долговечности шин и предохранения протектора от износа применяют защитные ленты (рис. 4.7, *б*), состоящие из шарнирно соединенных штампованных пластин или звеньев цепи, выполненных из износостойчивой стали и покрывающих сплошным панцирем протектор шины. Применение защитных лент позволяет увеличить срок службы шин в 5—10 раз. Недостатками их являются высокая стоимость и снижение коэффициента сцепления колес с почвой выработки.

Тормозная система. На самоходных погрузочно-транспортных и транспортных машинах применяют две тормозных системы, одна из которых является рабочей (основной), другая — стояночной. В основной тормозной системе используют колесные колодочные или дисковые тормоза с пневматическим или гидравлическим приводом и ножным управлением. Основную тормозную систему выполняют нормально замкнутой, что обеспечивает затормаживание машины при обрыве шлангов или остановке двигателя. Стояночный тормоз служит для затормаживания машины на стоянках и выполняется отдельно действующим на трансмиссию или совмещенным с основным тормозом.

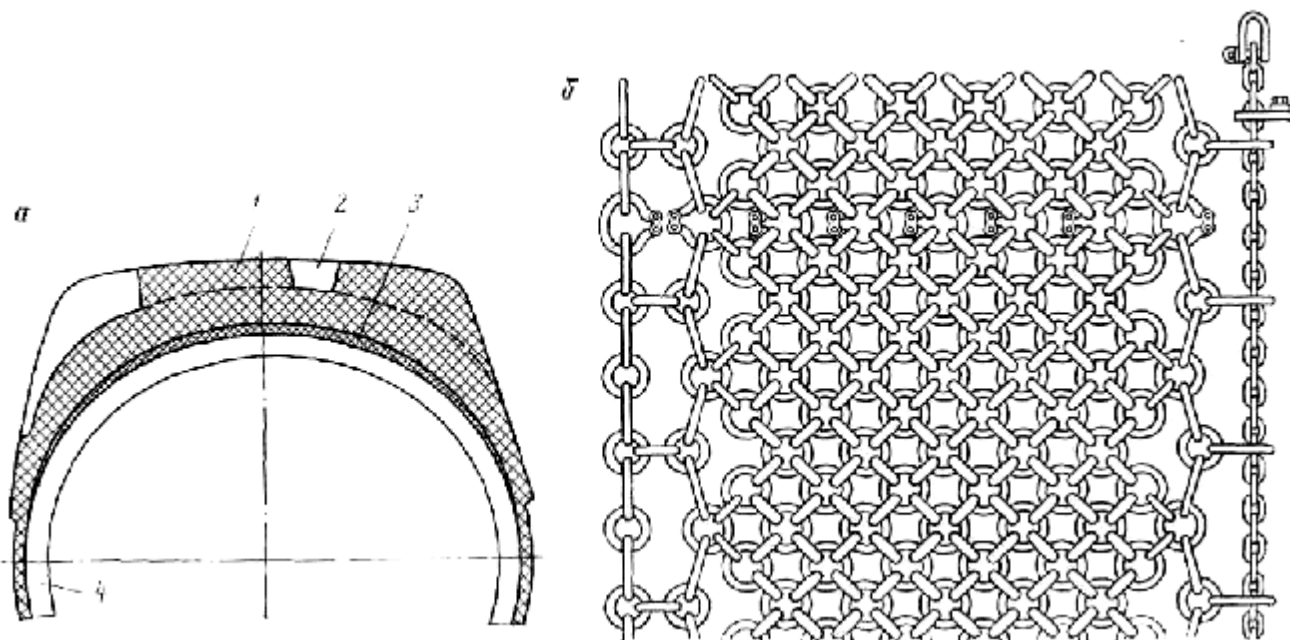


Рис 4.7. Профиль пневматической шины шахтной самоходной машины (а) и отрезок металлической защитной ленты (б)

С целью повышения долговечности и надежности колесных тормозов на самоходных погрузочно-транспортных машинах и подземных автосамосвалах применяют вспомогательную тормозную систему, состоящую из лопастного тормоза-замедлителя гидродинамического типа и электрогидравлического привода управления. Благодаря применению тормоза-замедлителя можно поддерживать постоянную скорость машины на затяжных крутых спусках без использования колесных тормозов. Обычно тормоз-замедлитель устанавливают на выходном валу гидромеханической коробки передач.

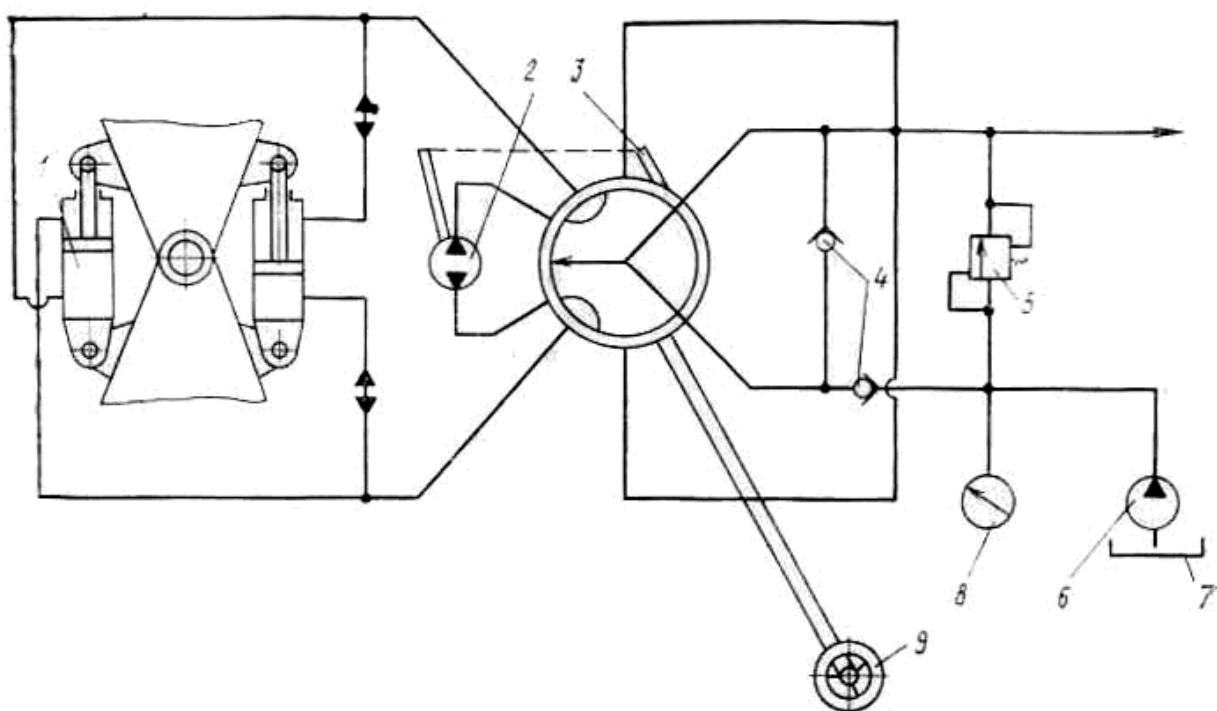


Рис. 4.8. Принципиальная гидравлическая схема рулевого управления погрузочно-транспортной машины

Система рулевого управления. В самоходных машинах с шарнирно сочлененной рамой установлено гидравлическое рулевое управление (рис. 4.8), включающее в себя гидроцилиндры поворота 1, агрегат рулевого управления, насос 6 и маслобак 7 (общий для всех гидросистем машины). Гидроцилиндры поворота закреплены шарнирно на задней полураме, где размещена силовая установка, а головки штоков шарнирно соединены с кронштейнами передней полурамы. Агрегат рулевого управления состоит из руля гидравлического 9, мотор-дозатора 2, золотника-распределителя 3 и обратных клапанов 4. При движении машины по прямой и неподвижном рулевом колесе 9 масло нагнетается насосом 6, проходит через агрегат рулевого управления и сливается в маслобак. При управлении машиной и повороте рулевого колеса 9 и золотника-распределителя 3 поток рабочей жидкости распределяется следующим образом:

определенное количество жидкости в зависимости от величины угла поворота рулевого колеса направляется под давлением через мотор-дозатор 2 к гидроцилиндрам поворота 1, с помощью которых осуществляется поворот (вправо или влево) машины на угол, пропорциональный величине угла поворота рулевого колеса. Предохранение агрегата рулевого управления от перегрузок осуществляется предохранительным клапаном 5. Давление масла контролируют по манометру 8, который находится на панельном щите в кабине водителя.

Погрузочный и грузонесущий органы. В погрузочно-транспортных машинах типа ПД погрузочный орган состоит из ковша со сменными зубьями и шарнирно-рычажного механизма. Ковш шарнирно закреплен на стреле, которая также шарнирно крепится к передней полураме машины. Подъем стрелы вместе с ковшом осуществляется двумя гидроцилиндрами, а поворот ковша на стреле производится одним или двумя гидроцилиндрами, шарнирно закрепленными на стреле и стенке ковша.

Управление процессом черпания осуществляется как вручную с помощью рукояток подъема стрелы и поворота ковша, так и в автоматическом режиме. В последнем случае поворот ковша в штабеле горной массы производится ступенчато в зависимости от поступающего из полостей гидроцилиндров импульса давления, величина которого пропорциональна сопротивлению внедрения ковша в штабель. Автоматическое управление рабочим органом погрузочно-транспортной машины по сравнению с ручным управлением позволяет примерно в 1,5 раза снизить время заполнения ковша, значительно уменьшить буксование колес, упростить и облегчить работу машиниста.

В большинстве подземных автосамосвалов грузонесущий кузов при разгрузке опрокидывается силовыми гидроцилиндрами, например в автосамосвалах для опрокидывания кузова под углом до 65° применяются телескопические трехзвенные гидроцилиндры с последовательным выдвижением звеньев.

В некоторых зарубежных погрузочно-транспортных машинах и автосамосвалах груз из ковша или кузова выталкивается с помощью подвижного, расположенного вдоль днища щита, управляемого гидроцилиндром. Такая конструкция ковша или кузова обеспечивает малую высоту разгрузки, но усложняет машину и повышает ее коэффициента тары.

Кабина управления. На самоходных машинах устанавливают кабины: закрытые одноместные со съемным фонарем (верхней частью кабины); открытые, каркасной конструкции со съемным ограждением (козырьком) или дугой безопасности для защиты водителя в случае опрокидывания машины. Сидение водителя покрыто виброизолирующим материалом и снабжено поддрессоривающей и демпфирующей системами (пружинная подвеска с гидравлическим амортизатором). Положение сидения можно регулировать в соответствии с массой и ростом водителя.

Для управления при челноковом движении водитель располагается либо перпендикулярно к оси машины (вдоль машины) под углом до 35° к продольной оси машины в сторону ковша-ого исполнительного органа, либо поперек машины. При этом в кабине предусмотрены одно поворотное сиденье или два неподвижных сиденья, на которые водитель пересаживается при изменении направления движения, а также дублирование педалей подачи топлива и торможения.

Для снижения уровней шума и вибрации машины все шумогенерирующие агрегаты закреплены на вибропоглощающих резинометаллических опорах.

В кабине машины расположен пульт с электрическими приборами, контролирующими: ток нагрузки, зарядный ток и напряжение в электроцепях; температуру масла в гидротрансформаторе; температуру воды в системе охлаждения двигателя; давление воздуха в тормозной системе; давление масла в системе смазки двигателя; частоту вращения вала двигателя и скорость движения машины. Кроме того, на пульте установлены спидометр, счетчик моточасов с часовым механизмом и другие приборы.

4.4. Передача тягового усилия и торможение самоходных машин

В самоходных машинах передача тягового усилия осуществляется только при сцеплении приводных колес или гусениц с опорой — дорогой. Возникающую в месте контакта приводного колеса или гусеницы с дорогой внешнюю силу, направленную по касательной к поверхности колеса, называют *касательной силой тяги*. Ведущими колесами (соединенными посредством трансмиссии с тяговым двигателем) в самоходных машинах выполняют либо колеса,

расположенные только на одной ведущей оси, либо — на двух ведущих осях. В гусеничных механизмах перемещения привод на гусеницу осуществляется также от ведущего колеса, и касательная сила тяги распределяется равномерно по длине гусеницы.

Для выяснения физики явления передачи тягового усилия сцеплением колеса с опорой рассмотрим вначале взаимодействие бесконечно жесткого приводного колеса с жесткой опорой² (рис. 4.9, а). От тягового двигателя через трансмиссию на колесо передается вращающий момент $M_{вр}$, который можно представить как пару сил F_k (на опору) и F_k^t (на колесо), приложенных в точках А и О и действующих по часовой стрелке. Колесо к опоре, прижато силой тяжести P_k^t . Так как под действием пары сил колесо стремится повернуться относительно оси О, то в месте контакта колеса с опорой возникает касательная сила тяги $F_{кас}$, вызывающая поступательное перемещение оси колеса.

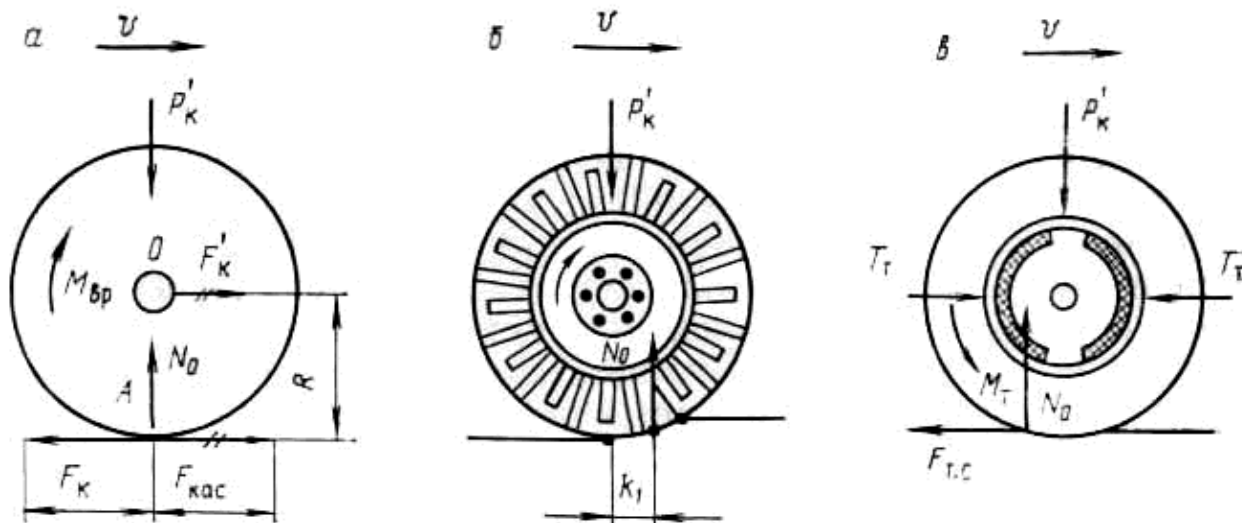


Рис. 4.9. Схемы к определению тягового и тормозного усилий самоходных машин

Максимальная касательная сила тяги $F_{касmax}$ ограничивается либо моментом $M_{вр}$, приложенным к колесу, либо силой сцепления колеса с опорой. Касательная сила тяги, исходя из максимальной величины вращающего колеса момента,

$$F_{касmax} = M_{врmax} / R \quad (4.1)$$

а исходя из максимальной величины силы сцепления колеса с опорой

$$F_{касmax} = y P_k' \quad (4.2)$$

где R — радиус колеса; y — коэффициент сцепления колеса с опорой.

Суммарная касательная сила тяги (Н) транспортной машины

$$F = y \sum P_k' = 1000 P_{сц} y \quad (4.3)$$

где $P_{сц}$ — сцепной вес³ или суммарная сила тяжести машины, приходящаяся на приводные колеса, кН.

Если касательная сила тяги по величине превышает силу сцепления приводных колес с опорой, т. е. $F_{кас} > 1000 P_{сц} y$, то приводные колеса начинают буксовать.

Пневматические шины самоходных машин являются упругими и обладают конечной жесткостью. При взаимодействии шины с дорогой, также обладающей конечной жесткостью, обод шины (рис. 4.9, б) сжимается в направлении, противоположном вращению колеса, а поверхность опоры дороги растягивается в направлении движения. Поэтому по сравнению с абсолютно жестким колесом в приводном колесе с пневмошиной нормальное давление N_0 смещается относительно вертикальной оси симметрии колеса на линейную величину k_1 , которая называется коэффициентом трения качения. Для колеса с пневмошиной коэффициент сопротивления перемещению

$$w = \frac{2k_1 + md}{D}$$

где d и D — соответственно диаметр цапфы и колеса; m — коэффициент трения в подшипнике.

² Такое допущение возможно для приводных колес локомотива и рельсов.

³ Обычно силу тяги выражают в ньютонах, а сцепной вес — в килоньютонах

Величина касательной силы тяги колеса с пневмошиной и всей самоходной машины определяется так же, как и для жесткого колеса по формулам (4.1) — (4.3).

Коэффициент сцепления у пневмошин с дорогой зависит от рисунка протектора шины, внутреннего давления в камерах, состояния верхнего покрытия дороги и др.

Рассмотрим физическое явление торможения приводного колеса, которое может осуществляться либо двигателем, либо механическими тормозами. Торможение двигателем производят только в самоходных машинах с электроприводом, механическое — при прижатии к ободу тормозного барабана (рис. 4.9, в).

Тормозная сила колеса (Н)

$$B_m = 2T_m f \quad (4.4)$$

где T_m — сила нажатия тормозной колодки, Н; f — коэффициент трения колодки о тормозной барабан.

Тормозная сила колеса ограничивается силами сцепления колеса с опорой:

$$B_{m \max} = \gamma P'_k \quad (4.5)$$

Суммарная тормозная сила (Н) самоходной машины

$$F_{m.c} = f \sum T_m = 1000 P_{\text{тор}} \gamma \quad (4.6)$$

где $P_{\text{тор}}$ — тормозной вес или суммарная сила тяжести самоходной машины, приходящаяся на колеса, снабженные механическими тормозами, кН.

Если суммарная тормозная сила превышает силу сцепления тормозных колес с опорой, т. е. $F_{m.c} > 1000 P_{\text{тор}} \gamma$, то возникает движение юзом, при котором машина перемещается поступательно с застопоренными колесами, теряя управление, а также наблюдается повышенный износ пневмошин.

На подземных самоходных машинах устанавливают пневматические, электрические или дизельные двигатели. Основными характеристиками двигателя являются его мощность N , момент на валу $M_{\text{дв}}$ и частота вращения $n_{\text{дв}}$. Зависимость частоты вращения $n_{\text{дв}}$ от момента $M_{\text{дв}}$, выраженная графически, называется *механической характеристикой* двигателя, а зависимость касательной силы тяги $F_{\text{кас}}$ машины от скорости ее движения v — *тяговой характеристикой*.

На практике пользуются обращенной механической характеристикой двигателя, в которой координатные оси изменены местами и графически выражена зависимость $M_{\text{дв}}$ от $n_{\text{дв}}$ (рис. 4.10, а).

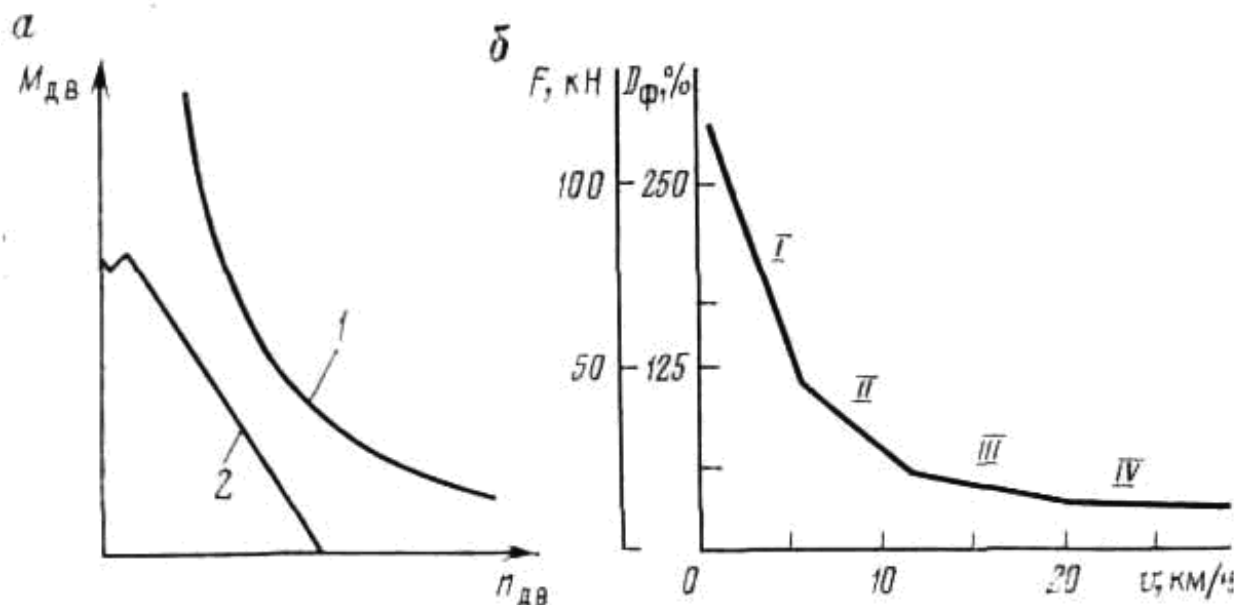


Рис. 4.10. Характеристики тяговых двигателей: а — обращенная механическая тягового электродвигателя постоянного тока (1) и пневмодвигателя (2); б — дизельного двигателя погрузочно-транспортной машины ПД-8 с четырехступенчатой коробкой передач (I—IV — ступени коробки передач)

Касательная сила тяги (Н) самоходной машины может быть определена в зависимости от момента двигателя (Н·м):

$$F_{\text{кас}} = M_{\text{дв}} i_{\text{тр}} \eta / R$$

где $i_{\text{тр}}$ — передаточное число трансмиссии от вала двигателя к оси приводной колесной пары; R — радиус качения колеса (принят постоянным), м; η — КПД передачи.

При постоянном передаточном числе i_{mp} (например, в машинах с пневмо- или электроприводом) тяговая характеристика — более мягкая, подобная обращенной механической характеристике. В самоходных машинах с дизельным приводом, имеющим более жесткую характеристику, передаточное число трансмиссии выполняют переменным, что обеспечивает выбор водителем различной силы тяги и соответствующей скорости движения в зависимости от загрузки машины и уклонов дороги. При построении тяговой характеристики самоходной машины с дизельным приводом по оси ординат откладывают силу тяги F или динамический фактор $D_\phi = F/(G+G_0)g$ — отношение силы тяги к суммарному весу самоходной машины и перевозимого груза, а по оси абсцисс — скорость перемещения машины v (рис. 4.10, б).

Вопросы для самопроверки

1. Дайте классификацию самоходных погрузочно-транспортных и транспортных машин.
2. Перечислите основные комплексы самоходных машин для очистных и подготовительных работ.
3. Начертите схему погрузочно-транспортной машины и укажите основные сборочные единицы.
4. Перечислите основные мероприятия по снижению токсичности отработавших газов.
5. Объясните физический смысл: передачи тягового усилия сцеплением колеса с опорой; процесса торможения приводного колеса.

5. ТИПЫ И ПАРАМЕТРЫ САМОХОДНЫХ МАШИН

5.1. Параметры самоходных погрузочно-транспортных машин типа ПД с дизельным приводом

Отечественной промышленностью выпускаются различные типоразмеры погрузочно-транспортных машин, широко применяемых на подземных рудных шахтах по добыче горнохимического сырья, руд черных и цветных металлов. На отечественные погрузочно-транспортные машины введен отраслевой стандарт, устанавливающий типоразмерный ряд грузоподъемности погрузочно-транспортных машин с грузонесущим ковшом типа ПД: 2, 3, 5, 8 и 12 т. В обозначениях машин цифра после букв ПД соответствует грузоподъемности ковша в тоннах (например ПД-5), буква после цифры указывает модификацию машины (например, ПД-8Б).

В настоящее время серийно выпускаются машины ПД-5А (Воронежский завод горно-обогатительного оборудования) и ПД-8Б (ПО «Донецкгормаш»), проходят окончательную доработку погрузочно-транспортные машины ПД-3 и ПД-12 (табл. 5.1).

Т а б л и ц а 5.1

Параметры отечественных погрузочно-транспортных машин

Параметр	ПД-3	ПД-5А	ПД-8Б	ПД-12
Грузоподъемность, т	3	5	8	12
Вместимость ковша, м ³ :				
основного	1,5	2,5	4	6
сменного	1	1,5	3; 4,5	4,5; 8
Мощность привода, кВт	90	118	140	185
Радиус поворота наружный, м	4,7	6,1	8	—
Габариты, мм:				
длина	7300	8000	9250	9600
ширина	1600	2200	2500	2500
высота (по кабине)	1840	1850	2350	2500
Наибольшая высота при разгрузке ковша, мм	1600	1800	1700	2400
Масса, т	11	15	24	28
Минимальные размеры выработки (ширина × высота), м	2,6×2,6	2,9×2,8	3,6×2,7	3,5×3

Машины типа ПД оборудованы дизельным двигателем с водяным охлаждением и комбинированной очисткой отработавших газов, шарнирно сочлененной рамой, гидромеханической трансмиссией, обоими ведущими мостами, тормозной системой, гидравлическим управлением машиной и ковшом. Машины имеют высокую маневренность, большое тяговое усилие, способны преодолевать уклоны с подъемом до 18°, захватывать и транспортировать скальную абразивную горную массу с коэффициентом крепости $f_k \leq 18$ и крупностью отдельных кусков 600—800 мм. Для работы предусмотрены основной и сменный ковши: основной — рассчитан на погрузку горной массы плотностью в разрыхленном состоянии 2 т/м³, сменные — предназначены для руд меньшей или большей плотности.

Зарубежные погрузочно-транспортные машины с дизельным двигателем мощностью от 28 до 300 кВт оборудованы грузонесущими ковшами вместимостью от 0,76 до 12 м³ (табл. 5.2).

Таблица 5.2.

Параметры зарубежных погрузочно-транспортных машин с дизельным приводом

Параметр	АРА (Финляндия)				«Эймко» (США)			«Гутенхоффнугехюгте» (Германия)			«Вагнер» (США)
	Торо-150	Торо-200	Торо-350	Торо-500	921	926	920НС	СТ-2Б	СТ-5Д	ЛФ-12	СТ-11
Грузоподъемность, т	3	4	7,3	12	2,7	13,6	18,1	2,5-3,5	6,7-7,3	12	18,5
Вместимость ковша, м ³	1,3-1,75	1,5-2,4	3,5-4,3	4,3-4,7	0,9-1,3	5,4-6,9	10,7-12,2	1,2-1,53	3,8-4,5	5,6	8,5
Мощность привода, кВт	52	63	138	204	51	205	298	64	128	190	163
Скорость максимальная, км/ч	24	21	27	26	Н. д.	Н. д.	Н. д.	19,3	29	27,7	25
Радиус поворота внешний, м	4,65	5,24	6,35	7,13	3,75	6,65	8,95	4,76	7,06	7,35	—
Габариты, мм:											
длина	6740	7540	9170	10300	5436	10800	11320	6740	9640	9980	10424
ширина	1420	2000	2440	2600	1422	2490	3640	1564	2420	2500	3280
высота по кабине	1700	2250	2300	2600	1778	2540	2900	1520	2070	2300	1910
Масса, т	7,2	11,5	22,5	33	5,9	30,4	47,7	10,4	20	31	19
Минимальные размеры выработки (ширина × высота), м	2,5×2,5	3×3	3,5×3	3,6×3,4	Н. д.	Н. д.	Н. д.	2,2×2	3,5×2,5	3,5×2,5	Н. д.

Наиболее крупные фирмы США «Вагнер» и «Эймко» выпускают соответственно 14 и 6 типоразмеров погрузочно-транспортных машин. Самая малогабаритная машина фирмы «Эймко» оборудована ковшом вместимостью 0,76 м³ и может работать в выработках сечением 1,8X1,8 м, а самая большая — снабжена ковшом вместимостью 10,7—12,2 м³ грузоподъемностью 18 т и двигателем мощностью около 300 кВт. При полной нагрузке эта машина может перемещаться по уклону 18° со скоростью 4,8 км/ч.

Фирма «Гутенхоффнугсхютте» (Германия) выпускает 7 типоразмеров погрузочно-транспортных машин с ковшами вместимостью от 1 до 10,5 м³ и приводом мощностью от 42 до 270 кВт. Эта же фирма изготавливает погрузочно-транспортные машины как с фронтальной, так и с боковой разгрузкой ковша.

Крупнейшими европейскими фирмами по производству погрузочно-транспортных машин являются также фирмы АРА (Финляндия), «Атлас Копко» (Швеция), «Экипман Минье» (Франция), «Фадрома» (Польша). Надежные и современные погрузочно-транспортные машины выпускают фирмы «Кавасаки» (Япония), «Джарвис Кларк» (Канада).

На большинстве зарубежных погрузочно-транспортных машин установлены дизельные двигатели фирм «Дейц» (Германия) или «Катерпиллер» (США) с воздушным или водяным охлаждением и турбонаддувом. Регулируемая топливная аппаратура двигателей позволяет обеспечивать наименьшее содержание вредных примесей в отработавших газах и применять в некоторых случаях одноступенчатую каталитическую очистку газов. Трансмиссия машин — гидромеханическая, аналогичная трансмиссиям отечественных погрузочно-транспортных машин (см. рис. 4.6). Оба моста машин — ведущие с самоблокирующими дифференциалами,

что позволяет уменьшить пробуксовку колес при внедрении ковша в горную массу и увеличить срок службы шин. Рулевое управление — гидравлическое с газогидравлическими аккумуляторами, которые в случае непредвиденной остановки двигателя или выхода из строя гидронасоса сохраняют в течение некоторого времени возможность управления машиной. Тормозная система, как правило, гидравлическая, раздельная на каждый мост. Широко применяются рабочие дисковые тормоза. Благодаря наличию в тормозной системе газогидравлических аккумуляторов можно выполнять не менее 6—8 тормозных циклов при остановленном двигателе. Стояночный тормоз — многодисковый, приводимый в действие пружиной и отпускаемый с помощью гидроцилиндров.

Фирма «Эймко» (США) разработала быстроразъемную систему смены рабочих органов погрузочно-транспортных машин, позволяющую водителю заменять ковш на другой рабочий орган, не выходя из кабины машины. Таким образом, погрузочно-транспортная машина, ранее выполнявшая только основную функцию — погрузку и транспортирование горной массы, стала многофункциональной машиной по доставке различных вспомогательных грузов, оборудования и людей.

Рассмотрим схему соединителя быстроразъемной системы (рис. 5.1, а). Соединитель 1, шарнирно закрепленный на стреле 2 погрузочно-транспортной машины, управляется гидроцилиндрами 3 и 4. На верхних концах соединителя расположены вилки-захваты 5, которые вводятся в проушины 6 сменных рабочих органов (рис. 5.1, б—ж).

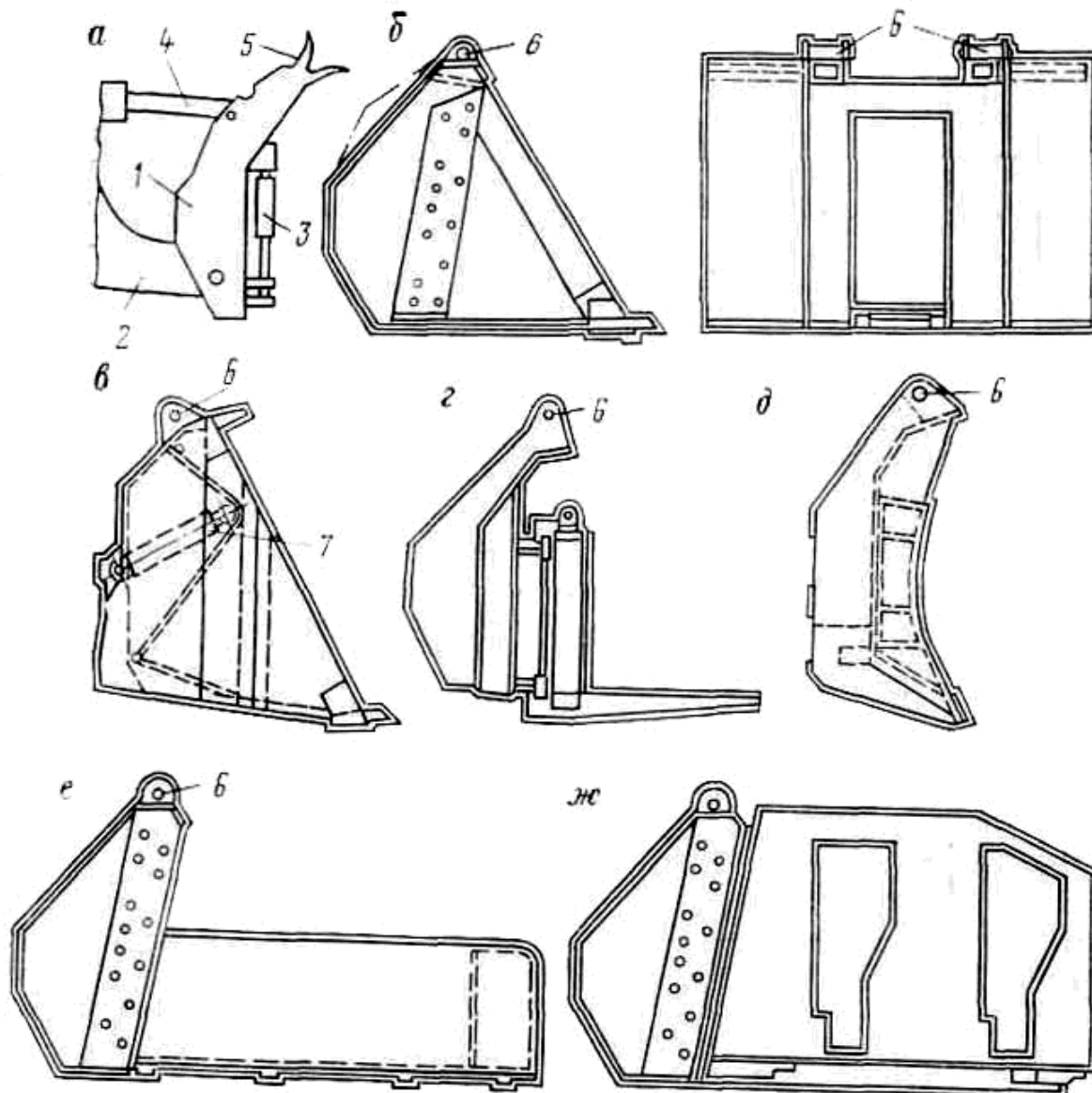


Рис. 5.1. Соединитель быстроразъемной системы (а) и набор сменных рабочих органов (б—ж) погрузочно-транспортной машины

Навеска и снятие сменных рабочих органов осуществляются следующим образом. Водитель подгоняет машину к требуемому съемному рабочему органу, лежащему на почве (рис. 5.2, а), опускает соединитель до момента стыковки вилки-захвата с проушинами рабочего

органа (рис. 5.2, б), а затем поднимает стрелу вместе с соединителем и рабочим органом (рис. 5.2, в). Гидроцилиндром 4 (см. рис. 5.1, а) соединитель откидывается назад, при этом вилки-захваты до отказа входят в проушины, и с помощью гидравлической блокировки гидроцилиндров рабочий орган надежно фиксируется на соединителе. Снятие рабочего органа с соединителя осуществляется в обратной последовательности.

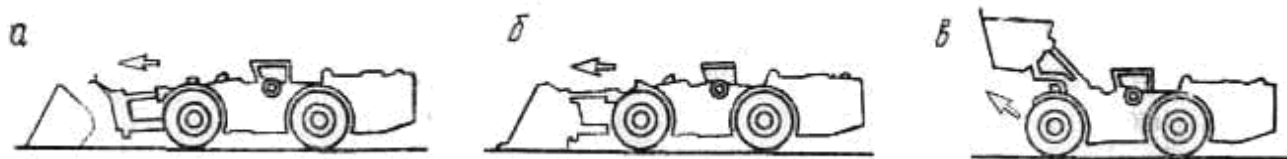


Рис. 5.2. Схема навески и снятия сменных рабочих органов погрузочно-транспортной машины

Кроме обычного ковша в качестве сменных модульных рабочих органов применяют (см. рис. 5.1): ковш с плитой-толкателем (в), приводимым в движение гидроцилиндром 7; вилочный захват (г); бульдозерный отвал (д); грузонесущий контейнер-поддон грузоподъемностью 6—8 т (е); контейнер для перевозки людей вместимостью 8—18 человек (ж) и др.

Использование погрузочно-транспортных машин обычной конструкции с быстросъемной системой смены модульных рабочих органов, которые в зависимости от потребностей могут быть изготовлены горными предприятиями, значительно сокращает парк самоходных машин и расходы на транспортирование грузов.

5.2. Погрузочно-транспортные машины с электрическим приводом

Основной недостаток погрузочно-транспортных машин с дизельным приводом — загрязнение рудничной атмосферы вредными примесями отработавших газов. Даже при двойной очистке отработавших газов (каталитической и жидкостной) возникает необходимость подачи в выработки большого количества воздуха ($6,8 \text{ м}^3/\text{мин}$ на 1 кВт мощности дизельного двигателя) с целью снижения содержания вредных примесей отработавших газов в рудничной атмосфере до санитарных норм (см. 4.3), что приводит к увеличению сечений подготовительных и капитальных выработок, а следовательно, к повышению затрат на добычу полезных ископаемых.

В связи с этим многие зарубежные фирмы устанавливают на погрузочно-транспортных машинах электрические двигатели. Модели погрузочно-транспортных машин с электроприводом разработаны на базе машин с дизельным приводом и имеют те же гидромеханическую трансмиссию, гидравлическое рулевое управление, дисковые рабочие и стояночный тормоза. Большинство зарубежных электрических погрузочно-транспортных машин оснащены трехфазными асинхронными двигателями переменного тока, так как они по сравнению с двигателями постоянного тока имеют меньшую массу при одинаковой мощности и проще в обслуживании.

Питание к электродвигателю подается либо от электросети по гибкому кабелю, наматываемому на кабельный барабан, расположенный на задней полураме погрузочно-транспортной машины (рис. 5.3, а), либо от аккумуляторных батарей (рис. 5.3, б). Например, фирма «Ингерсолл Ранд» (США) выпускает погрузочно-транспортные машины с аккумуляторным питанием, предназначенные в основном для угольных шахт. Ковш вместимостью $4,5\text{—}5,6 \text{ м}^3$ разгружается путем выталкивания груза щитом, управляемым гидроцилиндром.

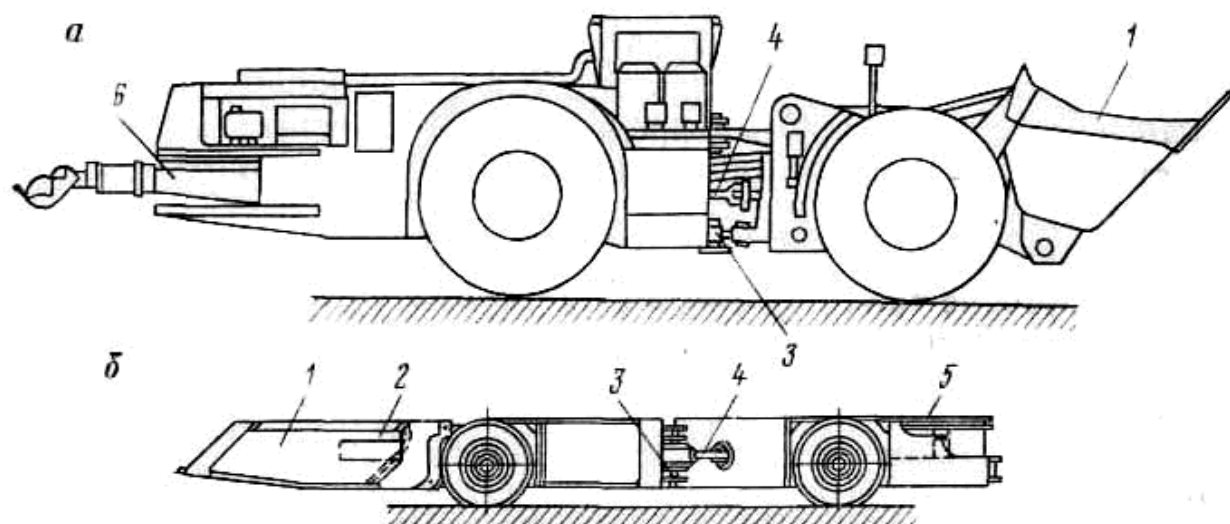


Рис. 5.3. Электрические погрузочно-транспортные машины с питанием по кабелю (а) или от аккумуляторных батарей (б) 1 — ковш; 2 — выталкивающий щит; 3 — шарнир соединения полурам; 4 — гидроцилиндры управления поворотом машины; 5 — аккумуляторные батареи; 6 — горизонтально расположенный кабельный барабан

Преимущества электрических погрузочно-транспортных машин по сравнению с дизельными: отсутствие отработавших газов; снижение уровня шума, выделяемой теплоты, подаваемого количества воздуха на проветривание и расходов на горюче-смазочные материалы; упрощение обслуживания и удешевление ремонта и эксплуатации; создание благоприятных условий для дистанционного и автоматического управления машинами.

На зарубежных рудных шахтах наибольшее распространение получили погрузочно-транспортные машины с питанием по кабелю, наматываемому на расположенный на машине кабельный барабан. Барабан снабжен гидравлическим устройством, с помощью которого автоматически обеспечивается постоянное натяжение наматываемого или разматываемого кабеля, что исключает наезд на него машины при маневрах. Кабельный барабан на погрузочно-транспортной машине может быть расположен вертикально (см. рис. 4.3, б) или горизонтально (см. рис. 5.3, а). В современных конструкциях погрузочно-транспортных машин фирмы АРА (Финляндия) используется наиболее долговечный плоский кабель, наматываемый на горизонтально расположенный на машине кабельный барабан, что значительно улучшает обзор водителю машины.

Вместимость кабельных барабанов зарубежных погрузочно-транспортных машин обычно составляет 80—200 м, что позволяет обслуживать участок длиной до 400 м (по 200 м в обе стороны от точки закрепления кабеля).

Параметры наиболее распространенных зарубежных погрузочно-транспортных машин с электроприводом приведены в табл. 5.3. Многие фирмы выпускают одни и те же модели погрузочно-транспортных машин с дизельным и электрическим приводами, например, Торо-150Е, Торо-350Е и Торо-500Е фирмы АРА (Финляндия), ЛФ-12Е фирмы «Эймко» (США) и др. Наибольшие параметры имеет современная погрузочно-транспортная машина фирмы «ГХХ Штеркраде» (Германия) с ковшом вместимостью 10,5 м³, кабельным барабаном кабелемкостью 150 м и электродвигателем мощностью 250 кВт.

Таблица 5.3.

Параметры зарубежных электрических погрузочно-транспортных машин

Фирма-изготовитель, страна	Типоразмер	Вместимость ковша, м ³	Габариты, мм			Мощность двигателя, кВт	Кабелемкость барабана, м
			длина	ширина	высота		
Кабельные							
«Эймко» (США)	911E	0,8	6100	1240	1900	41	120-200
	912E	1,7	7590	1520	1860	64	
	913E	2,2	7974	1980	1420	66	
«Вагнер» (США)	ЕНТ-5В	3,8	8915	2450	1524	147	120
«ГХХ Штеркраде» (Германия)	ЛФ-4,1E	1,95	-	-	-	73	
	ЛФ-12E	5,6	9980	9500	1850	191	

«Экипман Минье» (Франция)	СТ-250HE	1,5	6860	1600	1500	9	150
	СТ-500HE	0,38	3545	800	1100	22	85
	СТ-350HE	1,95	-	-	-	88	
Аккумуляторные							
«Майнинг Экипман (США)	500	2	7894	2542	660	18,4	-
	520	2,7	8184	3975	635	22,1	-
	775	3,2	8438	2745	864	25	-
«Интернейшнл продакшен карпорешейн» (США)	82	2,55	7396	2745	635	14,8	-
	86	3,54	8591	2745	1093	33	-
«Ингерсолл Ранд» (США)	484	3,1	8057	2745	711	14,8	-
«Миндев ЛТД» (Великобритания)	200E	3	8300	2000	1450	75	-

Некоторые зарубежные фирмы выпускают электрические погрузочно-транспортные машины с аккумуляторным питанием (см. табл. 5.3), используемые, в основном, на угольных шахтах, опасных по газу или пыли. Расширение области применения этих машин сдерживается невысокой долговечностью аккумуляторных батарей, усложнением и удорожанием стоимости эксплуатации аккумуляторного хозяйства.

Основной недостаток электрических погрузочно-транспортных машин с питанием по кабелю — снижение маневренности машины и ограничение длины доставки. Для увеличения дальности действия электрических погрузочно-транспортных машин фирма «Эймко» разработала две системы питания машины трехфазным переменным током: от подвешенной к кровле выработки шины, по которой перемещается роликовый токоприемник, соединенный с кабелем машины (рис. 5.4); по кабелю с автоматической крюковой подвеской к монорельсу, закрепленному к кровле выработки (рис. 5.5).

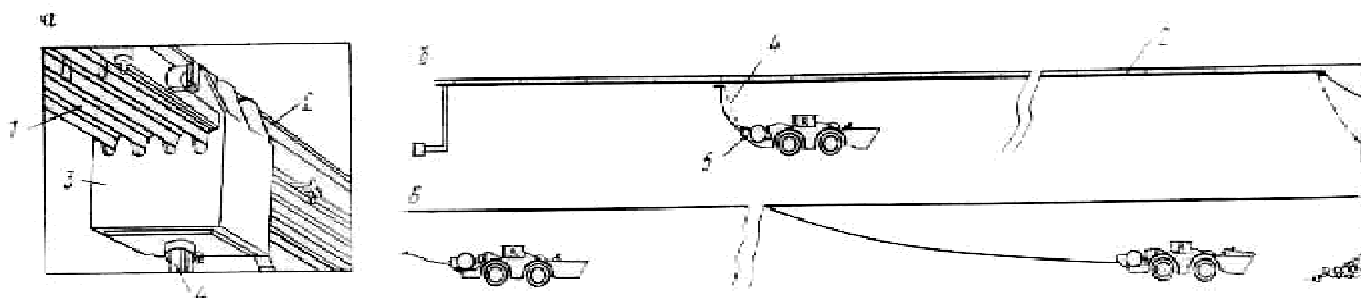


Рис. 5.4. Система подвода электроэнергии к самоходной машине с помощью роликового токоприемника: а — роликовый токоприемник; б, в — схемы работы машины соответственно при движении ее по выработке и при остановленном токоприемнике с размоткой кабеля с барабана машины

В системе с роликовым токоприемником (см. рис. 5.4, а) электроподводящая шина 1, состоящая из четырех троллейных проводов (три фазы и заземление), подвешена к монорельсу 2, по которому перемещается роликовый токоприемник 3, соединенный с погрузочно-транспортной машиной цепью и кабелем 4, наматываемым на кабельный барабан машины 5 (см. рис. 5.4, б). При движении по главным доставочным выработкам машина увлекает за собой роликовый токоприемник. Для изменения направления движения из одной доставочной выработки в другую в местах их сопряжения на монорельсе устанавливают стрелочные переводы, управляемые дистанционно из кабины машины. При повороте машины с доставочной выработки в очистную, где нет электроподводящей шины, роликовый токоприемник останавливается, и машина перемещается к месту погрузки руды, разматывая питающий кабель с кабельного барабана машины (рис. 5.4, в).

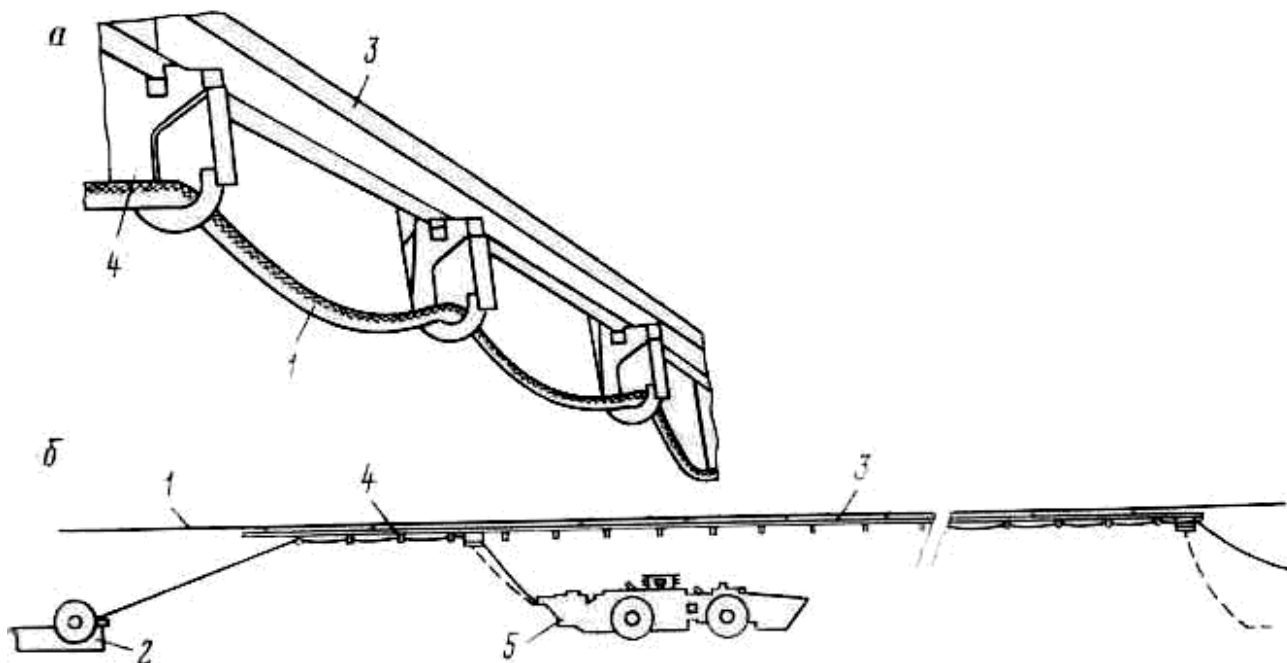


Рис. 5.5. Система подвода электроэнергии к самоходной машине с подвеской кабеля к монорельсу: *а* – крюковые подвески с монорельсом; *б* – схема укладки кабеля на крюковые подвески по мере продвижения машины по выработке

В системе с автоматической крюковой подвеской кабеля к монорельсу (см. рис. 5.5, *а*) намотка кабеля 1 осуществляется на барабан 2, который расположен на почве выработки в конце маршрута движения машины (см. рис. 5.5, *б*). Барабан снабжен электроприводом и гидравлическим устройством, обеспечивающим постоянное натяжение кабеля при наматывании или разматывании его с барабана 2. На монорельсе 3, закрепленном к кровле доставочной выработки, расположены на расстоянии 2 м друг от друга крюковые подвески 4 специальной конструкции, в которых фиксируется кабель 1 по мере продвижения погрузочно-транспортной машины 5 вперед. При обратном движении машины крюковые подвески автоматически освобождают кабель, который наматывается на стационарно установленный в выработке барабан. Преимущество этой системы — расположение кабеля в безопасной зоне, что исключает его повреждение проходящими по выработке машинами.

5.3. Погрузочно-транспортные машины с погрузочным ковшем и грузонесущим кузовом

Погрузочно-транспортные машины с погрузочным ковшем и грузонесущим кузовом типа ПТ применяются, в основном, для проведения подготовительно-нарезных выработок и иногда на очистных работах при малой производительности и длине доставки не более 100 м.

Отечественной промышленностью выпускаются погрузочно-транспортные машины с ковшем и кузовом двух типоразмеров — ПТ-4 и ПТ-6 (цифра указывает грузоподъемность кузова машины в тоннах). Обе машины снабжены пневматическим приводом с питанием по шлангу.

Технические характеристики отечественных погрузочно-транспортных машин с ковшем и кузовом:

Типоразмер	ПТ-4	ПТ-6
Грузоподъемность кузова, т	4	6
Вместимость, м ³ :		
ковша	0,2	0,5
кузова	1,5	2,5
Размер погружаемого куска, мм	400	600
Установленная мощность привода, кВт	43	96
Скорость передвижения наибольшая, км/ч .	5	
Габариты, мм:		
длина	3020	4750
ширина	1800	2360

высота	1790	2120
Наибольшая высота при разгрузке ковша, мм	2200	2800
Масса, т	4,6	10
Завод-изготовитель	Воронежский завод горно-обогатительного оборудования	

В машине ПТ-4 (рис. 5.6) ковш, закрепленный на шарнирной рукояти, поднимается пластинчатой цепью от лебедки с планетарным редуктором и пневматическим двигателем. Кузов машины разгружается опрокидыванием назад от пневмоцилиндра, при этом одновременно откидывается задний борт кузова. Для амортизации ударов рукояти при разгрузке ковша в кузов, в передней части машины установлены отбойные рессоры. Сбоку машины расположены рукоятки системы управления воздухораспределителями и подножка для машиниста.

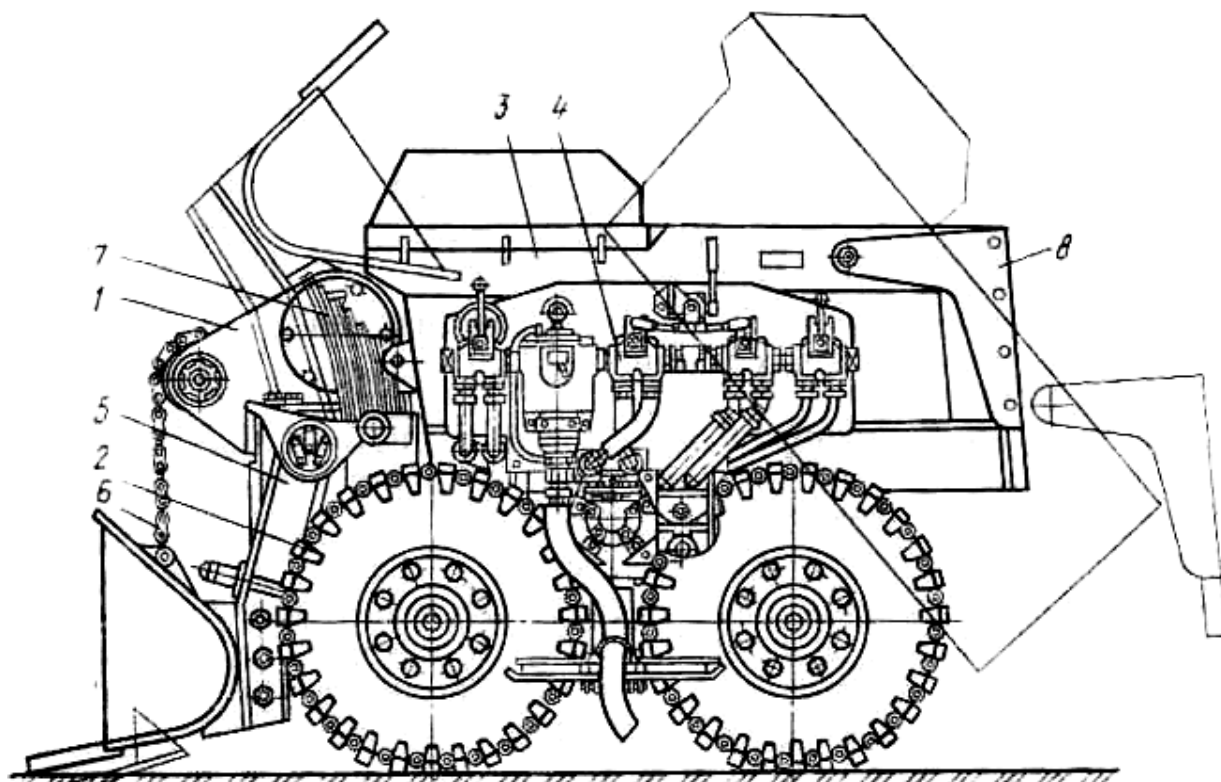


Рис. 5.6. Погрузочно-транспортная машина ПТ-4: 1 — погрузочный орган (ковш); 2 — ходовая часть; 3 — кузов; 4 — пульт управления; 5 — шарнирная рукоять; 6 — тяговая цепь; 7 — отбойник; 8 — откидной борт кузова

В машинах этого типа все колеса выполнены ведущими. Каждые два колеса, переднее и заднее, кинематически соединены бортовым планетарным редуктором с пневмодвигателем. Остановку машины производят отключением пневмодвигателей, а торможение — противовключением. Разворот машины осуществляют путем вращения колес каждого борта в разные стороны.

Система управления машиной ПТ-4 включает в себя воздухораспределители для непосредственного управления исполнительным органом и механизмом передвижения машины, а также автомасленку для подачи смазки к потребителям сжатого воздуха.

В машине ПТ-6 управление ковшом осуществляется от гидроцилиндров. Кузов при разгрузке опрокидывается двумя гидроцилиндрами вперед в сторону ковша. Для снижения шума выхлопы всех пневмодвигателей выведены внутрь платформы кабины, которая выполнена в виде герметической камеры-глушителя лабиринтного типа.

Машины ПТ-4 и ПТ-6 оборудованы системой пылеподавления. Оросители эжекторного типа, установленные на машине, орошают водой торную массу при внедрении в нее ковша и разгрузке в кузов.

За рубежом погрузочно-транспортные машины с ковшом и кузовом небольшими партиями выпускают фирмы «Атлас-Копко» (Швеция), «Ничмен» (Япония), «Эймко» (США).

Вследствие таких недостатков как низкий КПД пневмопривода, наличие шланга питания пневмопривода, низкая маневренность машины, небольшая длина транспортирования (до 80—100 м) и высокие эксплуатационные расходы, погрузочно-транспортные машины этого типа не получили широкого распространения в горной промышленности.

5.4. Дистанционное управление и автоматизация погрузочно-транспортных машин

Погрузочно-транспортные машины с дистанционным управлением применяют на доставке руды из очистного пространства с увеличенной высотой (камер), когда поддержание кровли в безопасном состоянии усложняется и удорожается ввиду тектонических нарушений и создается опасность для длительного пребывания людей. Использование дистанционного управления способствует более полному извлечению руды при достаточно высоком уровне безопасности ведения очистных работ, а также открывает возможности и перспективу применения самоходных машин при безлюдной выемке полезных ископаемых. При дистанционном управлении машинист находится вне погрузочно-транспортной машины — у пульта управления в безопасном месте с хорошим обзором процесса черпания и передвижения машины в очистной камере.

Дистанционное управление шахтными самоходными машинами осуществляется по кабелю или с помощью радиопередатчика. Управление по кабелю применяют на погрузочных машинах при малых расстояниях их перемещения. Все большее распространение в мировой практике получает радиодистанционное управление, например системы «Торотель» фирмы АРА (Финляндия), принципиальная схема которого приведена на рис. 5.7.

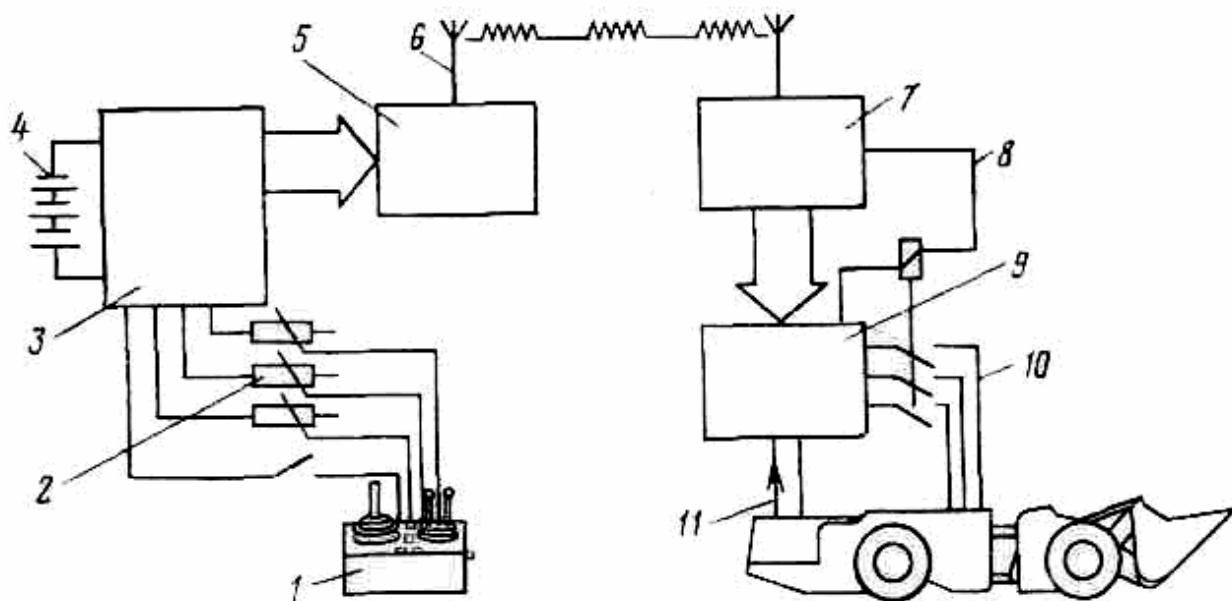


Рис. 5.7. Схема системы дистанционного управления «Торотель» фирмы АРА (Финляндия): 1 — выключатели и контрольные лампы; 2 — рукоятки и рычаги управления; 3 — кодирование аналоговым цифровым преобразователем и микрокомпьютером; 4 — батареи; 5 — передатчик; 6 — антенна; 7 — приемник; 8 — система аварийной остановки; 9 — декодирование микрокомпьютером; 10 — реле и выключатели; 11 — источник питания

Система радиодистанционного управления «Торотель» включает в себя приемно-передающие устройства, с помощью которых осуществляется метод передачи цифровых данных с применением микропроцессора. Кодированные преобразователем сигналы управления передаются по радио на частоте 27 или 40 МГц при расположении пульта управления на расстоянии от 30 до 100 м от машины.

Управление всеми операциями (как при дистанционном управлении, так и при ручном), когда погрузочно-транспортная машина выведена из очистной камеры, осуществляет машинист: покинув пульт управления, он ведет машину к месту разгрузки и обратно до пульта.

На пульте расположены рукоятки управления движением машины и погрузочным органом, микропроцессор для цифрового кодирования. С помощью микропроцессора каждая команда автоматически повторяется с большой скоростью. При передаче данных используется специальный контрольный код для улучшения устойчивости передачи команд. Изменяя радиочастоту, можно одновременно управлять несколькими погрузочно-транспортными машинами на одном участке без помех в системах дистанционного управления каждой машиной.

Использование в системе радиодистанционного управления телекамер и монитора позволяет значительно расширить эксплуатационные возможности этой системы. На погрузочно-транспортной машине устанавливают две телекамеры слежения за движением машины соответственно вперед и назад (рис. 5.8). Изображение передается на монитор,

который устанавливают у пульта управления. По сравнению с дистанционным управлением в пределах видимости дистанционное управление через мониторы значительно проще и эффективнее.

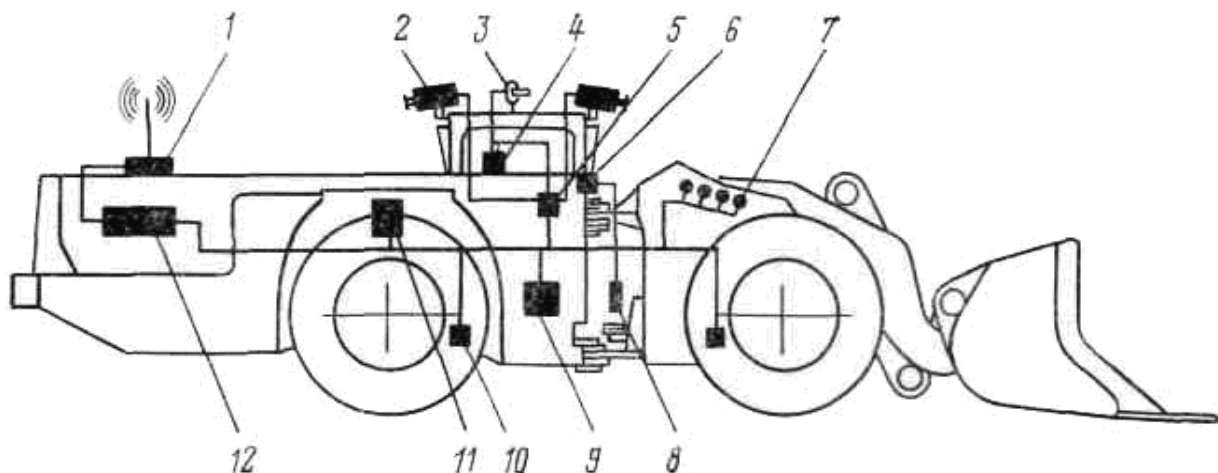


Рис. 5.8. Размещение аппаратуры контроля и управления на машине типа ПТ: 1 — двухсторонняя радиоустановка; 2 — телекамера; 3 — телеантенна; 4 — видеопередатчик; 5 — видеопереклюатель; 6 — датчик определения угла поворота; 7 — датчики определения положения погрузочного органа; 8 — датчик скорости движения пройденного пути; 9 — распределитель рулевого управления; 10 — датчики, воспринимающие магнитное поле; 11 — распределитель погрузочного органа; 12 — ЭВМ машины

Ведущие зарубежные фирмы по выпуску погрузочно-транспортных машин проводят большие работы по их автоматизации. Фирмой АРА (Финляндия) для управления погрузочно-транспортными машинами с диспетчерского пункта создана сеть передачи различных данных (параметров) на радиочастотах 40—50 МГц с использованием ЭВМ, находящейся в диспетчерском пункте. Параметрами могут являться масса груза в ковше, пройденный путь, продолжительность работы в моточасах, время эксплуатации, данные о состоянии машины (давление масла и температура в двигателе, гидротрансформаторе и гидросистеме, а также в тормозной системе, расход топлива, чистота масла в двигателе и коробке передач).

Сбор данных от датчиков, расположенных на погрузочно-транспортной машине (см. рис. 5.8), осуществляется через контрольные пункты, подключаемые к информационному кабелю, закрепленному к стенке или кровле выработки вдоль маршрута движения машины. Через контрольные пункты обеспечивается передача машине заданий и получение данных об объеме производства или неисправностях в машине, а также наблюдение диспетчером за местонахождением машины.

Блок накопления, расположенный на машине, регулярно замеряет показания датчиков. В конце смены информация из блока накопления поступает в блок передачи, обрабатывается с помощью ЭВМ и выдается в печатном виде с указанием следующих параметров: время рабочего цикла, производительность машины, степень использования ее во времени, давление и температура масла и другие данные о состоянии машины, на основании которых принимают решения о направлении машины на техобслуживание или ремонт.

Ведущими фирмами, изготавливающими и эксплуатирующими самоходные машины, продолжают работы по совершенствованию систем автоматизации погрузочно-транспортных машин с целью выявления перспектив их использования при безлюдной выемке полезных ископаемых.

5.5. Самоходные транспортные машины

К самоходным транспортным машинам для подземной разработки полезных ископаемых относятся автосамосвалы, самоходные вагоны и средства вспомогательного транспорта.

Автосамосвалы, используемые для транспортирования горной массы, оборудованы дизельным или электрическим приводом и опрокидным кузовом.

Технические характеристики подземных автосамосвалов отечественных и зарубежных

подземных автосамосвалов

Фирма-изготовитель (страна)	Модель машины	Грузоподъемность, т	Мощность привода, кВт	Скорость максимальная, км/ч	Габариты, мм			Масса, т
					длина	ширина	высота	
(СССР)	МоАЗ-7405-9586	22	140	40	8610	2850	2630	19,5
«Кируна Трак» (Швеция)	К-162	42	119	36	7420	3025	2250	14
	К-500		360		11320	4900	3920	38
	Троллейвоз	50	2×230	47	-	-	-	35
«ГХХ Штеркраде» (Германия)	МК-12	12	66	35-40	8200	1839	2000	12,4
	МК-20	20	170		9200	3000		21,5
	МК-40	40	323		11650	3565		38
«Вагнер» (США)	МТ-425	25	192	32	8534	4048	2083	23,8
	МТ-440	40	282	25	11100	3450	2440	38,5
АНФ (Франция)	-	25	140	30	8500	2850	2230	17,2
«Блоу Нокс» (Франция)	30МС25	40	220	50	9500	3400	-	25
АРА (Финляндия)	Торо-35Д	32	240	23	9785	3000	2430	25,5

Отличительная особенность самоходных вагонов — конструкция кузова, в днище которого встроен скребковый конвейер. Привод самоходного вагона обычно электрический с питанием по кабелю.

Подземный автосамосвал (см. рис. 4.4, а) состоит из тягача и полуприцепа, соединенных между собой двойным шарниром, допускающим поворот тягача относительно полуприцепа на 45° в обе стороны и прохождение кривых радиусом 7—8 м.

Отечественной промышленностью серийно выпускается подземный автосамосвал МоАЗ-7405-9586 грузоподъемностью 22 т (табл. 5.4). Колесная формула автосамосвала 4х2 (первая-цифра указывает общее число колес, вторая — число приводных колес). Дизельный двигатель мощностью 140 кВт снабжен каталитической и жидкостной системами очистки отработавших газов. Гидромеханическая трансмиссия выполнена с автоматической блокировкой гидротрансформатора, т. е. при заблокированном гидротрансформаторе передача работает как обычная механическая, при этом КПД передачи повышается. Автоматическое включение блокировки осуществляется в зависимости от частоты вращения коленчатого вала двигателя при изменении дорожных условий. Гидромеханическая реверсивная коробка передач обеспечивает четыре скорости движения вперед и четыре — назад, что позволяет использовать автосамосвал при движении по челноковой схеме.

Автосамосвал оборудован рабочей, стояночной и вспомогательной тормозными системами с пневматическим приводом. Рабочая тормозная система имеет отдельный двухконтурный привод на переднюю и заднюю оси, а стояночный тормоз — пневматический привод с пружинным энергоаккумулятором. Вспомогательная тормозная система, включающая в себя лопастной тормоз-заместитель гидродинамического типа и электрогидравлический привод, обеспечивает поддержание постоянной скорости движения автосамосвала на затяжных спусках без применения рабочей тормозной системы.

Рулевое управление выполнено с гидроусилителем. Кузов автосамосвала опрокидывается назад под углом до 60° с помощью телескопических трехзвенных гидроцилиндров. Гидравлические амортизаторы рессорной подвески автосамосвала и поддрессоренное сиденье водителя с гидроамортизатором обеспечивают плавность хода и комфортные условия работы водителя.

Разработан опытный образец автосамосвала марки МоАЗ грузоподъемностью 35 т.

За рубежом производство подземных автосамосвалов (см. табл. 5.4) осуществляют фирмы: «Кируна Трак» (Швеция) — выпускает две основные модели соответственно

грузоподъемностью 22 и 42 т; «ГХХ Штеркраде» (Германия) — выпускает автосамосвалы грузоподъемностью от 3,5 до 55 т; «Вагнер» (США) — выпускает автосамосвалы грузоподъемностью от 18 до 40 т с опрокидным кузовом и телескопической выдвигающейся частью кузова (по сравнению с машинами с опрокидным кузовом они имеют больший коэффициент тары, но обеспечивают меньшую высоту разгрузки); АНФ и «Блоу Нокс» (Франция), «Джарвис Кларк» (Канада) и другие — выпускают автосамосвалы грузоподъемностью от 10 до 50 т.

Наиболее современная конструкция автосамосвала — модель Торо-35Д фирмы АРА (Финляндия) с колесной формулой 4Х4. В нем использован 12-цилиндровый дизельный двигатель с турбонагнетателем и промежуточным охлаждением. Гидромеханическая трансмиссия с блокировкой гидротрансформатора крутящего момента и полностью закрытые многодисковые тормоза мокрого трения с электрическим замедлителем обеспечивают высокую безопасность эксплуатации автосамосвала.

В последнее десятилетие за рубежом разработаны и эксплуатируются дизель-троллейбусы и троллейно-аккумуляторные автосамосвалы. Дизель-троллейбусы снабжены дизельным и электрическим приводами: при движении по выработкам автосамосвал перемещается с помощью электропривода, питаемого от подвешенного к кровле выработки троллея, а при подходе к месту разгрузки или к забою при перемещении на короткие расстояния — с помощью дизельного двигателя.

Фирма «Кируна Трак» (Швеция) разработала троллейно-аккумуляторный подземный автосамосвал грузоподъемностью 50 т. При движении в забое, в местах погрузки — разгрузки автосамосвал отключается от троллея, после чего электроэнергия автоматически подается от аккумулятора к тяговым электродвигателям, встроенным во все колеса машины. Аккумулятор емкостью 158 А/ч, состоящий из 14 батарей, расположен на раме машины в отсеке между передними колесами. От энергии аккумулятора автосамосвал с грузом 50 т может перемещаться по горизонтальной выработке длиной до 100 м, а в аварийных ситуациях — до 1—2 км. Подзарядка аккумулятора до восстановления его номинальной емкости осуществляется от троллея во время движения или на стоянке в течение 15—20 мин. Гарантийный срок работы аккумулятора составляет 3—5 лет.

На троллейно-аккумуляторном автосамосвале установлен компьютер, с помощью которого осуществляется контроль и регулирование основных узлов электросхемы, контроль подачи электроэнергии, зарядки аккумулятора, скорости движения и электрического торможения машины.

Отечественные самоходные вагоны типа ВС согласно типовому ряду имеют грузоподъемность 5, 10, 15, 20 и 25 т. Воронежским заводом горно-обогатительного оборудования серийно выпускается вагон шахтный самоходный 5ВС-15М, который применяется, в основном, при камерной системе разработки калийных руд в комплексе с проходческо-добычным комбайном и бункер-перегрузателем (рис. 5.9, а). Последний предназначен для аккумуляции руды и обеспечения безостановочной работы комбайна в процессе челнокового движения самоходного вагона. Ввиду интенсивного износа кузова и донного конвейера самоходные вагоны не получили распространения на доставке крепких и абразивных руд.

Самоходный вагон 5ВС-15М (рис. 5.9, б) состоит из самоходного шасси со всеми ведущими и управляемыми колесами, электропривода бортовых колес, кузова с донным скребковым конвейером, электропривода конвейера и системы управления.

Питание вагона с электроприводом осуществляется по гибкому кабелю длиной до 200 м, наматываемому на кабельный барабан с кабелеукладчиком, что позволяет перемещать вагон на расстояние до 400 м (по 200 м в каждую сторону от точки закрепления кабеля).

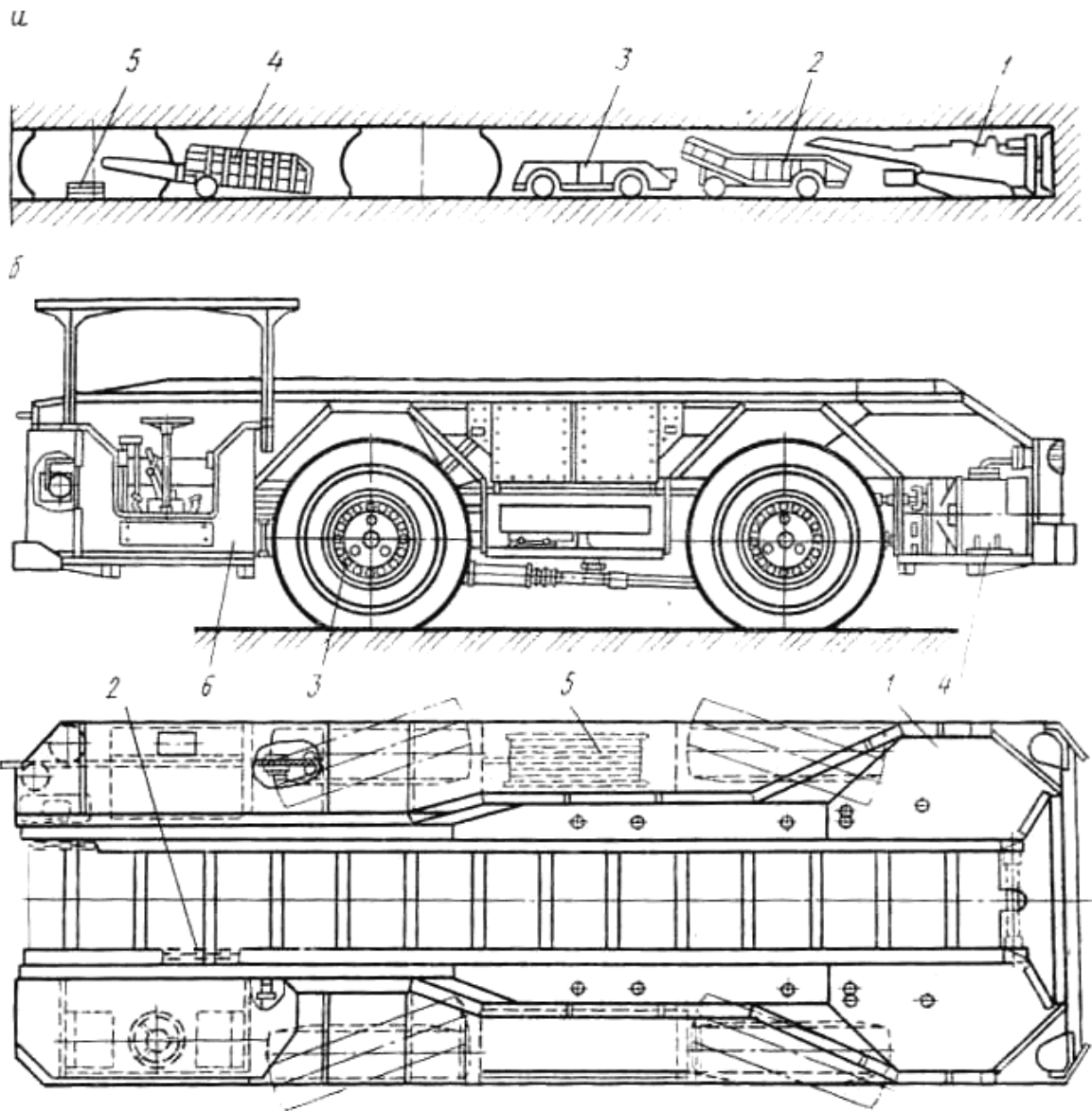


Рис. 5.9. Самоходный шахтный вагон 5BC-15М: а — в забое при добыче шахтных руд (1 — проходческо-добычной комбайн; 2 — бункер-перегрузатель; 3 — самоходный вагон; 4 — перегрузатель; 5 — скребковый конвейер); б — общий вид вагона (1 — кузов; 2 — скребковый донный конвейер; 3 — самоходное шасси; 4 — электропривод самоходного шасси; 5 — кабельный барабан; 6 — кабина)

В самоходном четырехколесном шасси на пневмошинах каждая бортовая пара колес имеет самостоятельный привод, включающий в себя электродвигатель, редуктор и карданные валы на каждое колесо. Питание электродвигателя привода осуществляется переменным током. На вагонах применяют асинхронные трехскоростные двигатели с повышенным скольжением (до 12—14%), что обеспечивает три скорости движения вагона вперед и назад.

Рулевое управление вагона выполнено с гидроусилителем. Поворот всех четырех колес осуществляется с помощью гидроцилиндров, воздействующих на управляемые колеса через систему рычагов и тяг. Вагон оснащен тремя тормозными системами — рабочей гидравлической, аварийной от гидропневмоаккумулятора и стояночной с механическим приводом.

Донный скребковый конвейер имеет две пластинчатые цепи. Привод конвейера состоит из двухскоростного электродвигателя и редуктора с карданным валом. Кузов с донным конвейером установлен на раме ходовой части шарнирно и поднимается двумя гидроцилиндрами, обеспечивающими перемещение кузова по высоте и разгрузку на последующие транспортные средства.

Устойчивость вагона и надежное сцепление всех колес с неровной почвой выработки обеспечивается за счет жесткого крепления заднего моста и балансирной подвески переднего моста.

Кабина вагона установлена на амортизаторах и оборудована сидениями, рулевой колонкой, двумя педалями управления движением и переключения скоростей, педалями

тормоза, кранами для включения конвейера и стояночного тормоза, золотником управления гидроцилиндрами подъема кузова.

Техническая характеристика самоходного вагона 5ВС-15М

Вместимость кузова, м³:

без дополнительных бортов.....	8,6
с бортами.....	11
Скорость движения без груза на горизонтальном участке, км/ч.....	9
Кабелеемкость барабана, м.....	200
Время разгрузки, с.....	83
Высота разгрузки регулируемая, мм.....	450—1465
Максимальный преодолеваемый уклон, градус.....	15
Скорость движения скребковой цепи конвейера, м/с.....	0,15; 0,3
Габариты, мм.....	8200×2500×1630
Масса, т.....	15,6

За рубежом самоходные вагоны с электрическим и дизельным приводом изготавливают фирмы «Зальцгиттер» (Германия) и «Джой» (США).

5.6. Эксплуатационный расчет самоходных машин

Эксплуатационный расчет погрузочно-транспортных и самоходных транспортных машин сводится к определению их технической и эксплуатационной производительностей, числа транспортных машин, обеспечивающих бесперебойное транспортирование руды из одного или нескольких забоев, а также: к тяговому расчету машин.

Исходными данными для расчета являются: техническая характеристика применяемой машины, сменный грузопоток, продолжительность смены, коэффициент неравномерности работы машины, длина транспортирования, продольный профиль трассы и вид покрытия транспортных выработок.

Эксплуатационная производительность (т/ч) погрузочно-транспортной машины

$$Q_s = \frac{3600Vk_z g}{t_{позр} + t_{об} + t_{раз}} \quad (5.1)$$

где V — вместимость грузонесущего органа (кузова или ковша), м³; $t_{позр}$, $t_{дв}$, $t_{раз}$ — время соответственно загрузки грузонесущей емкости, движения машины от забоя до пункта разгрузки и обратно, разгрузки, с; k_z — коэффициент заполнения ковша ($k_z = 0,74 \div 0,8$).

Время загрузки (с) для машин с грузонесущим ковшом (типа ПД)

$$t_{позр} = \xi t_{ц} \cdot k_{ман}$$

где $\xi = 1,15 \div 1,2$ — коэффициент, учитывающий время, затрачиваемое на разборку негабарита в забое; $t_{ц} = 50$ с — время цикла черпания грузонесущим ковшом; $k_{ман} = 1,2$ — коэффициент, учитывающий время, затрачиваемое на маневры машины в забое.

Время загрузки (с) для машин с ковшом и грузонесущим кузовом (типа ПТ)

$$t_{позр} = x \frac{V_{куз} t_{ц} k_{з,к}}{V_k k_z} k_{ман} \quad (5.2)$$

где $t_{ц}$ — длительность цикла погрузки, с; $V_{куз}$ — вместимость кузова, м³; $k_{з,к}$ — коэффициент загрузки кузова.

Время загрузки машины с грузонесущим ковшом (типа ПД) гораздо меньше времени загрузки машины с грузонесущим кузовом (типа ПТ).

Время движения машины (с)

$$t_{об} = \frac{L}{k_{с.х}} (n_{зр}^{-1} + n_{пор}^{-1}) \quad (5.3)$$

где L — длина транспортирования, м; $v_{зр}$, $v_{пор}$ — скорость движения соответственно груженой и порожней машины, м/с; $k_{с.х} = 0,6$ — коэффициент среднеходовой скорости движения.

Время разгрузки машины $t_{раз} = 15 \div 20$ с.

Таким образом, часовая эксплуатационная производительность (т/ч) погрузочно-транспортной машины с грузонесущим ковшом

$$Q_9 = \frac{3600V_{\kappa} k_3 g}{xt_{\kappa} k_{ман} + \frac{L}{k_{с.х}} (n_{зр}^{-1} + n_{нор}^{-1}) + t_{раз}} \quad (5.4)$$

а для машины с ковшом и кузовом (т/ч) —

$$Q_9 = \frac{3600V_{\kappa} k_{з.к} g}{x \frac{V_{\kappa} t_{\kappa}}{V_{\kappa} k_3} k_{ман} + \frac{L}{k_{с.х}} (n_{зр}^{-1} + n_{нор}^{-1}) + t_{раз}} \quad (5.5)$$

Сменная эксплуатационная производительность (т)

$$Q_{см} = Q_9 T_{см} k_u \quad (5.6)$$

где $T_{см}$ — длительность смены, ч; $k_u = 0,7 \div 0,8$ — коэффициент внутрисменного использования машины, учитывающий подготовительно-заключительные операции, заправку машины, перегон к месту работы и другие операции, не связанные с основной работой по погрузке и транспортированию.

При одинаковой вместимости грузонесущей емкости и одинаковых горно-технических условиях производительность погрузочно-транспортной машины с грузонесущим ковшом больше, чем производительность машины с грузонесущим кузовом. При увеличении длины транспортирования производительность погрузочно-транспортной машины снижается (рис. 5.10).

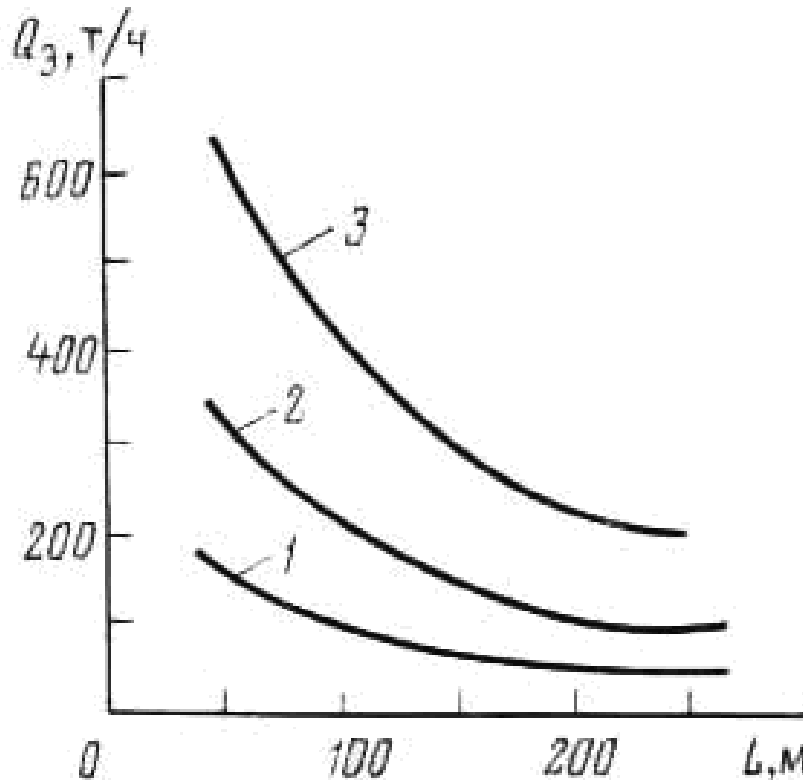


Рис. 5.10. График зависимости сменной производительности погрузочно-транспортной машины от длины транспортирования при грузоподъемности грузонесущего ковша: 1 — 4 т; 2 — 7,3 т; 3 — 12 т.

Эксплуатационная сменная производительность (т) одной транспортной машины (автосамосвала или самоходного вагона):

$$Q_{см} = \frac{60T_{см} V_{\kappa} k_3 g k_u}{t_p k_n} \quad (5.7)$$

где k_n — коэффициент неравномерности грузопотока (при отсутствии аккумулялирующей емкости $k_n = 1,5$, при наличии — $k_n = 1,25$, при транспортировании горной массы из проходческого забоя $k_n = 2$); $k_u = 0,7 \div 0,8$ — коэффициент использования машины.

Продолжительность (мин) одного рейса транспортной машины

$$t_p = t_{погр} + t_{ов} + t_{раз} + t_{м.з} + t_{м.р} + t_{разм} \quad (5.8)$$

При работе машины в комплексе с ковшовым погрузчиком или экскаватором время погрузки (мин)

$$t_{\text{погр}} = \frac{V_{\text{куз}} k_{\text{з.к}} t_{\text{ц}} k_{\text{ман}} x}{60 V_{\text{к}} k_{\text{з}}} \quad (5.9)$$

а в комплексе с погрузочной машиной непрерывного действия —

$$t_{\text{погр}} = \frac{V_{\text{куз}} k_{\text{з.к}} g}{Q_m} \quad (5.9)$$

где Q_m — производительность погрузочной машины непрерывного действия, т/мин.

В рудных шахтах для погрузки горной массы в автосамосвалы применяют погрузочные машины с нагребными лапами типа ПНБ-3Д2 и ПНБ-4Д.

Технические характеристики погрузочных машин с нагребными лапами

Типоразмер	ПНБ-3Д2	ПНБ-4Д
Техническая производительность, м ³ /мин	5	8
Размер куска максимальный, мм	800	
Скорость передвижения, м/мин:		
рабочая	10	
маневровая	20	
Установленная мощность, кВт	134	204
Габариты, мм:		
длина	9000	10000
ширина	2700	
высота	1900	
Масса, т	27	36
Изготовитель	Ясногорский машзавод	

Продолжительность (мин) движения машины в грузовом и порожняковом направлениях

$$t_{\text{дв}} = \frac{60L}{k_{\text{с.х}}} (n_{\text{зп}}^{-1} + n_{\text{пор}}^{-1}) \quad (5.11)$$

Скорость (км/ч) движения в грузовом $v_{\text{зп}}$ и порожняковом $v_{\text{пор}}$ направлениях определяется либо принятием значений согласно практическим данным, либо по тяговым характеристикам двигателей машин. Коэффициент, учитывающий среднюю скорость движения, принимается в зависимости от длины транспортирования: при $L < 0,3$ км $k_{\text{с.х}} = 0,6$; при $L > 0,3$ км $k_{\text{с.х}} = 0,75$.

Время разгрузки зависит от конструктивного исполнения кузова транспортной машины: для автосамосвалов с опрокидным кузовом $t_{\text{раз}} = 0,7$ мин, для самоходных вагонов с донным скребковым конвейером $t_{\text{раз}} = 2 \div 3$ мин.

Продолжительность (мин) маневров в забое $t_{\text{м.з.}}$ и у мест разгрузки $t_{\text{м.р}}$ зависит от конкретных условий эксплуатации транспортных машин и определяется хронометражными наблюдениями.

При движении нескольких машин в однополосной транспортной выработке продолжительность (мин) ожидания машины на разминовках

$$t_{\text{разм}} = n_{\text{разм}} t_1 \quad (5.12)$$

где $n_{\text{разм}}$ — число разминок; $t_1 = 2$ мин — продолжительность ожидания на разминке.

Производительность и себестоимости погрузки и транспортирования зависят от расстояния транспортирования и состава комплекса машин — погрузочных, погрузочно-транспортных и транспортных (рис. 5.11). Так, при длине транспортирования до 200 м наиболее эффективно применение погрузочно-транспортных машин, свыше 400 м — погрузочных машин с нагребными лапами в комплексе с двумя автосамосвалами.

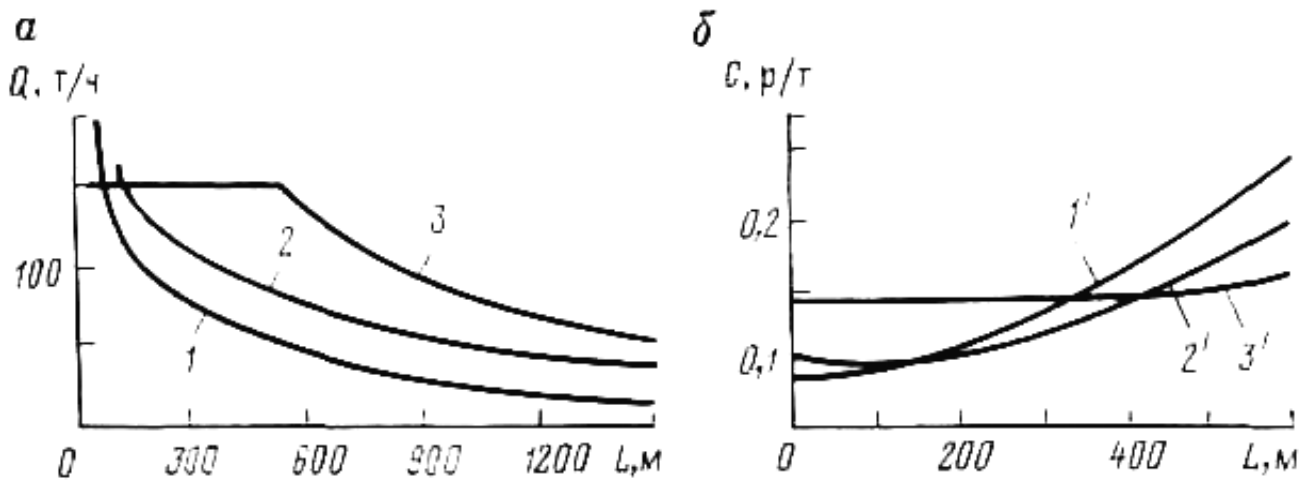


Рис. 5.11. Графики зависимости: *a* — производительности комплекса машин от расстояния доставки; *б* — себестоимости погрузки и доставки 1 т руды от состава комплекса и расстояния доставки; 1 и 1' — погрузочно-транспортная машина ПТ-5А; 2 и 2' — погрузочная машина ПНБ-3 с одним автосамосвалом типа МоАЗ; 3 и 3' — тоже с двумя автосамосвалами МоАЗ грузоподъемностью 22 т

При камерно-столбовой системе разработки и проведении тоннелей загрузку автосамосвалов осуществляют ковшовыми погрузчиками с дизельным приводом и пневмошинным механизмом передвижения. Аналогичные ковшовые погрузчики применяют на открытых горных работах. Погрузчики этого типа оборудованы ковшами вместимостью 1÷3,8 м³, имеют высокие (до 40 км/ч) скорость и маневренность. Сменная производительность погрузчика в определенных условиях эксплуатации может достигать 120—1800 т.

Расчетное число рабочих транспортных машин на эксплуатируемом участке

$$n = Q_1 / Q_{см} \quad (5.13)$$

где Q_1 — сменная производительность участка, т.

Инвентарное число машин с учетом машин, находящихся в резерве и ремонте,

$$n_{ин} = k_p \sum n \quad (5.14)$$

где $\sum n$ — общее число однотипных транспортных машин, работающих на всех участках; k_p — инвентарный коэффициент, учитывающий число машин в резерве и ремонте, принимаемый в зависимости от режима работы транспорта и категорий транспортных выработок. При двухсменном режиме работ $k_p = 1,25 \div 1,3$ при трехсменном — $k_p = 1,4 \div 1,5$ (большие значения принимают для постоянных транспортных выработок с покрытием, меньшие — для временных без покрытия). Полученное по формуле (5.14) инвентарное число машин округляют до целого значения.

Сменный пробег рабочих машин (км)

$$L_{см} = \frac{Q_1}{Q_{см}} (L_{сп} + L_{пор}) k_x \quad (5.15)$$

где $k_x = 1,1 \div 1,25$ — коэффициент, учитывающий холостой пробег машины на заправку, к пунктам обслуживания и т. д.

Тяговый расчет транспортной машины включает в определение силы тяги при движении, предельного уклона, преодолеваемого машиной, тормозного пути, расхода горючего.

Сила тяги погрузочно-транспортной машины или автосамосвала

$$F = (G + G_0) g (\omega_0 \pm i + \omega_{кр} + 108a) + W_B, \quad (5.16)$$

где G_0 и G — масса соответственно машины и груза, т; ω_0 — основное удельное сопротивление движению машины, значение которого принимают в зависимости от типа подземной дороги, Н/кН (25 — для дорог с бетонным покрытием; 40 — для щебеночных дорог с битумной пропиткой; 80÷100 — для дорог без покрытия, с зачисткой; 150÷180 — для незащищенной почвы; $\omega_{кр} = (0,05 \div 0,08) \omega_0$ — дополнительное сопротивление движению на криволинейных участках, Н/кН; W_B — дополнительное сопротивление воздуха [см. формулу (2.12)], учитываемое только при движении машины со скоростью более 20 км/ч, Н/кН; i — удельное сопротивление на уклоне, принимаемое в зависимости от реального уклона, Н/кН; $a = 0,44 \div 0,5$ м/с² — ускорение трогания.

Максимальная сила тяги (Н) по условию сцепления ведущих колес машины с дорогой:

$$F_{\max} = 1000P_{cy} \quad (5.17)$$

Сцепной вес P_{cy} (кН) машины при всех ведущих колесах равен общему весу машины, а при двух ведущих колесах, например, в автосамосвале типа МоАЗ,

$$P_{cy} = 0,6 (G + G_0)g. \quad (5.18)$$

Значения коэффициента сцепления μ пневмошин с дорогой принимают в зависимости от состояния дорожного покрытия (табл. 5.5).

Т а б л и ц а 5.5

Значение коэффициента μ сцепления пневмошин с дорогой

Дороги	Состояние дорожного покрытия	
	Чистое сухое	Мокрое, слегка загрязненное
Бетонные и асфальтовые	0,7	0,45—0,4
Щебеночные укатанные	0,7—0,75	
Забойные, в крепких породах	0,6—0,7	0,5—0,4
Забойные, в относительно слабых породах	0,4—0,5	0,25—0,4
С основанием из каменной соли	0,48—0,5	-

Максимальная сила тяги (Н) ограничивается по мощности двигателя:

$$F_{\max} = \frac{3600N}{n} h_m h_k \quad (5.19)$$

где N — мощность двигателя машины, кВт; v — скорость автомобиля, км/ч; $\eta_m = 0,72 \div 0,75$ — КПД гидромеханической трансмиссии; $\eta_k = 0,95$ — КПД колеса.

Скорость машины (км/ч) зависит от развиваемого в конкретных условиях тягового усилия:

$$v = \frac{3600N}{F} h_m h_k \quad (5.20)$$

Предельный продольный уклон (%), преодолеваемый машиной при трогании на подъем,

$$i = \frac{F_{\max}}{(G + G_0)g} - (w_0 + 108a) \quad (5.21)$$

Значения предельного уклона для основного и вспомогательного самоходного транспорта выбирают в соответствии с Общесоюзными нормами технологического проектирования подземного транспорта горно-добывающих предприятий (табл. 5.6) или по номограммам, в зависимости от суммарной рабочей массы m_p , силы тяги F и скорости движения v автосамосвала (рис. 5.12).

Т а б л и ц а 5.6

Продольный уклон i , преодолеваемый основным и вспомогательным самоходным транспортом

Наименование и назначение транспортных выработок	i , %	
	нормальный	Максимальный на коротких участках
Основные для транспортирования горной массы по горизонтам	17	70
Главные автотранспортные уклоны для транспортирования горной массы на поверхность:		
для грузового и двухстороннего движения	105	141
для порожнякового движения	141	176
Вспомогательные автотранспортные уклоны:		
для перевозки людей, оборудования и материалов	141	176
для движения машин со всеми ведущими осями	176	213
Вспомогательные заезды на подэтажи для передвижения машин с грузом только своим ходом	213	268

Примечания. 1. Максимальный продольный уклон транспортных выработок необходимо проверять по тяговым характеристикам применяемых транспортных машин.

2. При обводненности наклонных транспортных выработок значение продольного уклона

снижается на 25—30%.

3. Почва выработок, по которым осуществляется движение самоходных вагонеток, должна быть малообводненной. Коэффициент крепости породы почвы по шкале проф. М. М. Протодяконова должен составлять не менее 4, а коэффициент сцепления шин с почвой — не менее значений, приведенных в таблице.

4. При слабых почвах необходимы мероприятия по упрочнению дорожного полотна.

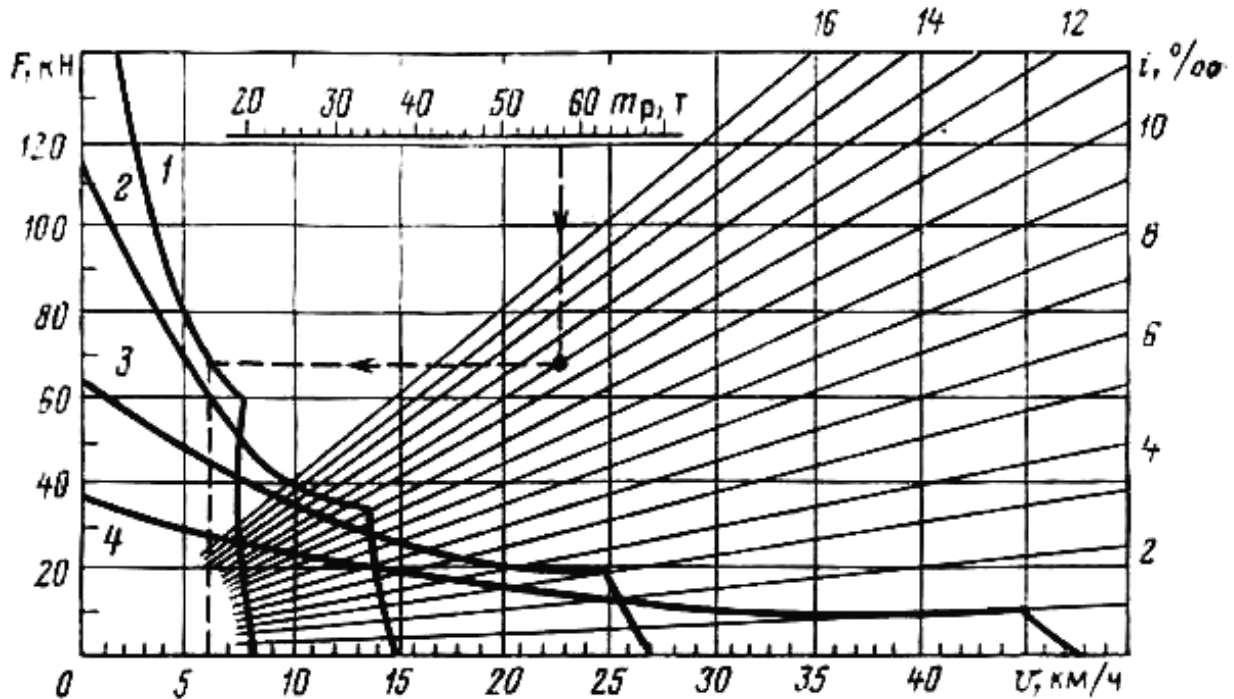


Рис. 5.12. Номограмма для определения предельного уклона, преодолеваемого при трогании на подъем, в зависимости от силы тяги, суммарной рабочей массы и скорости движения автосамосвалов

Тормозной путь — расстояние, пройденное машиной от начала торможения до полной остановки, — определяют исходя из условия, что при торможении кинетическая энергия движущейся машины поглощается работой сил сопротивления на пути торможения, т. е.

$$\frac{(G + G_0)k_{ин}(n_n^2 - n_k^2)}{2 \cdot 3,6^2} = [B_m + (G + G_0)g(w_0 \pm i)]L_m \quad (5.22)$$

Подставив в формулу (5.19) вместо тормозной силы B_m ее значение по условию сцепления $(G + G_0)gy$, определим тормозной путь (м) до полной остановки машины ($v_k = 0$):

$$L_m = \frac{k_{ин}n_n^2}{2 \cdot 3,6^2 g(y + w_0 \pm i)} = \frac{k_{ин}n_n^2}{254(y + w_0 \pm i)} \quad (5.23)$$

где $k_{ин}$ — коэффициент инерции вращающихся масс для машин с гидромеханической передачей (в режиме движения с грузом $k_{ин} = 1,03 \div 1,01$, в режиме движения порожняком $k_{ин} = 1,085 \div 1,07$); v_n — скорость движения машины в начале торможения, км/ч. Значения w_0 и i подставляют в формулу (5.23) не как удельные величины, а соответственно как коэффициент основного сопротивления движению и уклон (превышение в метрах на 1000 м пути).

Полный тормозной путь (м) с учетом времени реакции водителя и действия тормозов $t_p = 0,5 \div 0,6$ с:

$$L_n = L_m + L_{p.в}$$

где $L_{p.в}$ — путь, пройденный за время реакции водителя, м:

$$L_{p.в} = \frac{n_n}{3,6} t_p$$

Таким образом, полная длина тормозного пути (м),

$$L_n = \frac{k_{ин}n_n^2}{254(y + w_0 \pm i)} + \frac{n_n}{3,6} t_p \quad (5.24)$$

Тормозной путь самоходной машины в подземной выработке на прямолинейном участке не должен превышать 20 м, а на криволинейном участке — видимого расстояния, равного 1,5 радиуса кривой.

Расход горючего для самоходных машин с дизельным приводом определяют по паспортным данным машины на 100 км пробега.

Пример 1. Определим сменную эксплуатационную производительность погрузочно-транспортной машины ПД-5Б для следующих условий: система подземной разработки полиметаллических руд с поэтажным обрушением с торцовым выпуском; плотность руды в насыпке $\gamma = 2,5 \text{ т/м}^3$.

Исходные данные: длина доставки от забоя до рудоспуска $L = 220 \text{ м}$; средние скорости движения по квершлагу и штреку — $v_{cp} = 8 \text{ км/ч}$ ($2,2 \text{ м/с}$), $v_{nop} = 12 \text{ км/ч}$ ($3,3 \text{ м/с}$); вместимость ковша машины $V_k = 2,5 \text{ м}^3$; коэффициент заполнения ковша $k_3 = 0,8$; длительность стены $T_{cm} = 6 \text{ ч}$.

Часовую производительность погрузочно-транспортной машины определяем по формулам (5.1) — (5.4):

время погрузки ковша

$$t_{nop} = \xi t_{ц} \cdot k_{ман} = 1,15 \cdot 50 \cdot 1,2 = 69 \text{ с.}$$

время движения машины

$$t_{дв} = \frac{L}{k_{с.х}} \left(\frac{1}{n_{cp}} + \frac{1}{n_{nop}} \right) = \frac{220}{0,6} \left(\frac{1}{2,2} + \frac{1}{3,3} \right) = 275 \text{ с;}$$

время разгрузки ковша $t_{раз} = 15 \text{ с;}$

часовая производительность [см. формулу (5.1)]

$$Q_s = \frac{3600 \cdot 2,5 \cdot 0,8 \cdot 2,5}{69 + 275 + 15} = 50 \text{ м/ч}$$

При коэффициенте использования машины $k_u = 0,7$ сменная эксплуатационная производительность машины [см. формулу (5.6)]

$$Q_{cm} = 50 \cdot 6 \cdot 0,7 = 210 \text{ т.}$$

Пример 2. Определим скорость установившегося движения груженого автосамосвала типа МоА3-7405-9586 по прямолинейной выработке с уклоном $i = 0,105$ (105‰, что соответствует углу наклона выработки $\beta = 6^\circ$).

Исходные данные: мощность двигателя автосамосвала $N = 140 \text{ кВт}$; паспортная грузоподъемность $G = 22 \text{ т}$; действительная грузоподъемность с учетом коэффициента загрузки $k_3 = 0,9$, $G = 20 \text{ т}$; масса машины $G_0 = 19,5 \text{ т}$; ускорение $a = 0$; $\omega_{кр} = 0$; основное удельное сопротивление по уклону с укатанным щебеночным покрытием $\omega_0 = 40 \text{ Н/кН}$; сопротивление воздуха не учитывается, т. е. $W_e = 0$.

Силы тяги, развиваемая машиной на уклоне при движении вверх [см. формулу (5.16)],

$$F = 9,81 (20 + 19,5) (40 + 105) = 56\,550 \text{ Н.}$$

Максимальная сила тяги, которую способна развить машина на укатанной, мокрой, слегка грязной дороге при $y = 0,4$, определяем по формуле (5.17) с учетом формулы (5.18):

$$F_{max} = 1000 \cdot 0,6 (20 + 19,5) 9,81 \cdot 0,4 = 118\,800 \text{ Н.}$$

Так как $F_{max} > F$, машина может перемещаться на данном уклоне. Скорость движения автосамосвала по уклону вверх [см. формулу (5.20)]

$$n = \frac{3600 \cdot 140 \cdot 0,75 \cdot 0,95}{56550} = 6,3 \text{ км/ч}$$

Пример 3. Определим полную длину тормозного пути автосамосвала при спуске вниз по тому же уклону $i = 0,105$ (см. пример 2) на скорости $v_n = 15 \text{ км/ч}$. Коэффициент сцепления колес с дорогой $y = 0,4$, коэффициент сопротивления $\omega_0 = 0,04$.

Полная длина тормозного пути [см. формулу (5.24)]

$$L_n = \frac{1,07 \cdot 15^2}{254(0,4 + 0,4 - 0,105)} + \frac{15 \cdot 0,6}{3,7} = 2,82 + 2,5 = 5,32 \text{ м}$$

что значительно меньше допустимой длины тормозного пути, равной 20 м.

Вопросы для самопроверки

1. Начертите эскизы общих видов погрузочно-транспортных машин типа ПД и ТП. Объясните их устройство и назначение основных сборочных единиц.

2. Назовите основные преимущества и области применения погрузочно-транспортных машин с электрическим приводом.

3. Назовите способы увеличения дальности транспортирования электрическими погрузочно-транспортными машинами.
4. С какой целью, в каких условиях и какими средствами осуществляется дистанционное управление погрузочно-транспортными машинами?
5. Начертите эскиз общего вида подземного автосамосвала, объясните «его устройство и назначение основных сборочных единиц.

Задачи и упражнения

1. Определите сменную эксплуатационную производительность погрузочно-транспортной машины с ковшом и кузовом типа ПТ-4 для доставки руды плотностью $\gamma = 2 \text{ т/м}^3$. Длина доставки $L = 80 \text{ м}$, число смен — 3, длительность смены $T_{\text{см}} = 6 \text{ ч}$.
2. Определите сменную эксплуатационную производительность автосамосвала МоАЗ-7405-9586, загружаемого погрузочной машиной с нагребными лапами типа ПНБ-ЗД2. Плотность транспортируемой руды $\gamma = 2,2 \text{ т/м}^3$, длина доставки по горизонтали $L = 450 \text{ м}$.
3. Определите число автосамосвалов, необходимых для работы в тех же условиях (см. п. 2) для обслуживания одного забоя с заданной сменной производительностью 2700 т.
4. Определите предельный продольный уклон i (‰), преодолеваемый погрузочно-транспортной машиной ПД-8Б вверх по выработке с щебеночным сухим укатанным покрытием.

6. ЭКСПЛУАТАЦИЯ САМОХОДНЫХ МАШИН

6.1. Выработки и дороги для самоходных машин

Выработки, по которым перемещаются самоходные машины, согласно классификации Гипроцветмета в зависимости от назначения, интенсивности и скорости движения можно разделить на четыре класса: транспортные, погрузочно-транспортные, буровые подэтажные и вспомогательные.

К *основным транспортным* выработкам, на которые приходится весь грузопоток или его наибольшая часть, относятся капитальные автотранспортные уклоны, вскрывающие наклонные съезды, квершлагги и основные штреки. Протяженность основных транспортных выработок может составлять 500—4000 м, ширина при однопорядном движении 4300—5250 мм, при двухпорядном — до 8000 мм, угол наклона — до 6—8°.

Погрузочно-транспортные выработки, которые проходят в пределах очистного блока, служат для выпуска руды из блоков, а также для погрузки и доставки руды самоходными машинами к рудоспуску. Длина погрузочно-транспортных выработок составляет 50—700 м.

Буровые подэтажные выработки протяженностью 50—200 м служат, в основном, для бурения скважин и отбойки руды и расположены выше доставочного горизонта.

Вспомогательные выработки длиной от 200 до 1200 м предназначены для доставки различных вспомогательных грузов, людей и оборудования, а также для вентиляции.

Размеры выработок определяются габаритами самоходных машин и гарантированными зазорами от наиболее выступающих частей машин до стенок и кровли выработки. Согласно Инструкции Госгортехнадзора СССР по эксплуатации самоходного оборудования зазоры между стенками (крепью) выработки и самоходной машиной должны быть не менее 1200 мм со стороны прохода для людей и 500 мм — с противоположной стороны, а до кровли выработки — не менее 500 мм с учетом вертикальных колебаний машин и их загрузки «с шапкой».

Полная ширина B (мм) транспортной выработки складывается из ширины тротуара a_1 проезжей части A , водоотводной канавы c (рис. 6.1). Ширина тротуара $a_1 = 800$ мм, высота выработки 200—300 мм, высота прямой стенки $h_n \geq 1800$ мм. В доставочных, вспомогательных и подэтажных выработках сооружение тротуара необязательно, а разминировка машин с пешеходами производится при остановленной в крайнем положении: проезжей части машине и свободном проходе для перехода не менее 800 мм.

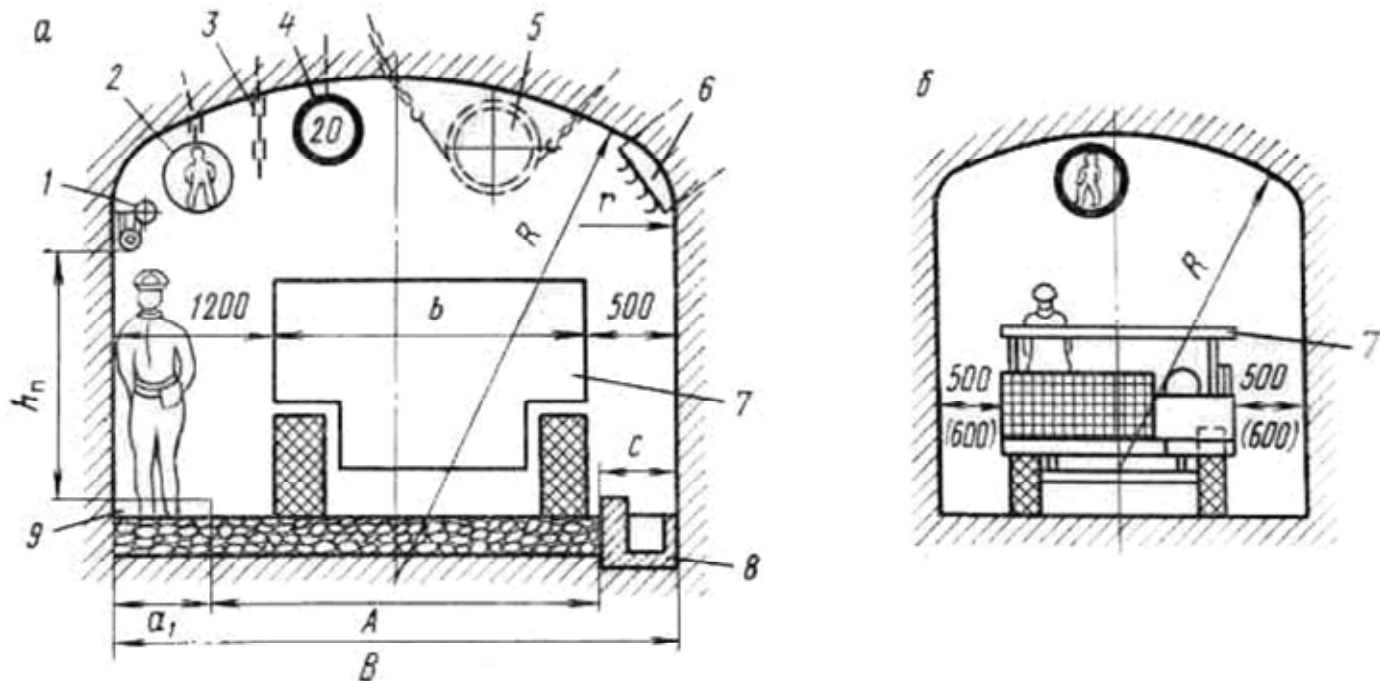


Рис. 6.1. Сечения выработок для самоходных машин: a — транспортных; b — погрузочно-транспортных и вспомогательных; 1 — магистраль сжатого воздуха и воды; 2 — знак «Пешеходная дорожка»; 3 — подвеска светильников; 4 — дорожный знак; 5 — вентиляционная труба; 6 — подвеска кабелей; 7 — габарит транспортной машины; 8 — водоотводная канава; 9 — тротуар

По рекомендациям Гипроцветмета ширину проезжей части, A (мм) можно определить по эмпирической формуле:

$$A = b + 1,5\delta + 12v$$

где b — ширина машины, мм; δ — ширина профиля покрышки, мм; v — скорость движения машины, км/ч.

Радиусы поворота транспортных выработок принимают в зависимости от типа и назначения выработок и условий эксплуатации машин (табл. 6.1). На поворотах проезжую часть уширяют на 300—500 мм. Величину уширения для отдельных машин необходимо проверять с учетом наиболее выступающих частей машин или перевозимых длинномерных грузов. Радиусы поворота транспортных выработок составляют 20—30 м, остальных выработок — $15 \div 20$ м.

Т а б л и ц а 6.1

Радиусы поворота транспортных выработок, м

Наименование и назначение выработок	Условия эксплуатации	
	Нормальные	Стесненные
Основные транспортные на горизонтах, вспомогательные автотранспортные уклоны	30	20
Основные вскрывающие автотранспортные уклоны	40	20
Вспомогательные для транспортирования длинномерных грузов	20	15
Вспомогательные, не используемые для транспортирования длинномерных грузов	15	10

Продольный уклон выработок выбирают в зависимости от их назначения, типа самоходных машин и срока службы выработок (см. табл. 5.7). Угол уклона выработок для самоходного оборудования составляет $6\text{—}12^\circ$ (реже 15°), при этом меньшие значения принимают для выработок, по которым производится перевозка руды автосамосвалами на подъем. На затяжных подъемах через каждые 600 м устраивают площадки длиной не менее 40 м с продольным уклоном не более 0,02.

Максимальную величину продольного уклона транспортных выработок необходимо проверять по тяговым характеристикам машин. Поперечный уклон дорожного полотна транспортной выработки в сторону водоотводной канавы должен составлять 0,01—0,02.

Проезжую часть выработок оборудуют искусственным покрытием, вид которого определяют в зависимости от грузоподъемности машин, скорости и интенсивности их движения. Для искусственного покрытия применяют бетон, асфальт, битумоцемент, щебень, дробленую породу.

Проезжую часть капитальных транспортных уклонов, штреков и квершлагов со сроком службы до 10 лет и более покрывают бетоном с армирующей сеткой или щебенкой с пропиткой битумом, или цементным раствором на глубину до 100 мм (толщина покрытия — 300 мм). Применяют также железобетонные панели, обеспечивающие быстроту укладки и возможность их многократного использования (до трех раз). Для проезжей части погрузочно-транспортных и вспомогательных выработок используют щебеночное покрытие или покрытие из прочных пород крупностью до 20 мм. В буровых подэтажных выработках производят лишь планировку почвы.

Максимальную скорость движения самоходных машин по горным выработкам принимают исходя из тяговой характеристики машины и расчетного тягового усилия, ширины и типа покрытия проезжей части, длины тормозного пути при движении под уклон. Расчетная скорость движения в грузовом и порожняковом направлениях по правилам безопасности не должна превышать 20 км/ч. На прямых участках длиной более 500 м по согласованию с органами Госгортехнадзора допускается увеличение скорости до 40 км/ч.

Для горизонтальных транспортных выработок оптимальная скорость движения машин при длине транспортирования до 500 м составляет 12—20 км/ч, при длине 500—2000 м — $20 \div 30$ км/ч, при длине 2000—4000 м — $30 \div 40$ км/ч. В доставочных выработках по неровной почве скорость движения машины должна составлять 6—8 км/ч, по спланированному основанию — $12 \div 15$ км/ч, в вспомогательных горизонтальных выработках с планировкой и подсыпкой почвы щебенкой — $10 \div 20$ км/ч, в наклонных вспомогательных заездах — до 6 км/ч.

Сопряжение выработок выполняют с небольшим расширением в месте примыкания под прямым углом или под углом не менее $50\text{—}55^\circ$.

6.2. Эксплуатация, техническое обслуживание и ремонт самоходных машин

Эксплуатацию, устранение характерных неисправностей и техническое обслуживание самоходных машин производят в соответствии с инструкцией завода-изготовителя конкретной самоходной машины. Дополнительно руководствуются Инструкцией по безопасному применению самоходного (нерельсового) оборудования в подземных рудниках, а также инструкциями по эксплуатации двигателя и гидромеханической коробки передач (при поставке ее зарубежной фирмой).

При поступлении новой модели самоходной машины на предприятии разрабатывается рабочая инструкция по технике безопасности с учетом пожарной безопасности, действующих директивных документов Госгортехнадзора и местных условий.

Залогом надежной и безаварийной работы самоходных машин являются своевременные и качественные техническое обслуживание и ремонт, четкая организация движения и выполнение правил безопасности.

В процессе эксплуатации могут возникать неисправности силовой установки и ее системы, гидромеханической передачи, мостов, тормозной системы, рулевого управления, погрузочного органа, электрооборудования.

Отдельные, наиболее характерные неисправности основных; узлов погрузочно-транспортной машины ПД-5 и методы их устранения приведены в табл. 6.2.

Т а б л и ц а 6 . 2

Характерные неисправности погрузочно-транспортной машины ПД-5 и методы их устранения

Неисправность	Вероятная причина	Метод устранения
Отсутствие давления в главной магистрали масляной системы	Забита сетка заборного фильтра Неисправен манометр	Промыть и прочистить сетку Заменить манометр
Машина не двигается при включенной передаче	Низкое давление в главной магистрали, неисправен насос, забит маслопровод, неисправна фрикционная муфта	Исправить насос, прочистить маслопровод, заменить диски муфты, устранить утечки масла
Повышенный шум шестерен главной или колесных передач ведущих мостов	Нарушено зацепление конических шестерен	Снять редуктор главной передачи и отрегулировать зацепление шестерен
	Износ подшипников или зубьев конических шестерен	Разобрать редуктор и заменить изношенные детали
	Износ крестовины и втулок дифференциала, износ шестерен или подшипников колес	Заменить изношенные детали
Низкая эффективность тормозной системы, большой тормозной путь	Износ фрикционных накладок	Отрегулировать или заменить колодки
	Низкое давление в пневмосистеме	Устранить утечки воздуха
	Замасливание фрикционных накладок	Снять ступицу колеса с барабаном, промыть накладки бензином, заменить манжеты
Не растормаживается одно из колес машины	Поломка стяжных пружин колодок	Заменить пружины
	Подсос воздуха через неплотные соединения всасывающих трубопроводов гидросистемы	Подтянуть соединения рукавов
	Недостаточный уровень масла в гидробаке	Долить масло
Шум или стук в электрогенераторе	Наличие в генераторе постороннего предмета	Удалить посторонний предмет
	Погнуты лопасти вентилятора	Выправить лопасти вентилятора
Быстрая разрядка аккумуляторной батареи	Утечки тока в электрической цепи	Устранить утечки тока
	Загрязнение электролита посторонними примесями	Промыть батарею, залить свежий электролит и зарядить батарею

Стартер при включении вращается медленно	Разряжен аккумулятор, коррозия контактных соединений на батарее	Проверить плотность электролита и степень зарядки батареи
	Плохой контакт в цепи питания стартера	Устранить неисправности
	Подгар контактов реле	Зачистить контакты
	Плохой контакт щеток с коллектором	Отрегулировать контакт щеток

Системой технического обслуживания самоходных машин предусматриваются ежесменное техническое обслуживание (ЕО), периодические технические осмотры, первое (ТО-1) и второе (ТО-2) технические обслуживания.

Ежесменные и периодические осмотры производят на стоянках машин, которые размещаются в отработанных камерах вблизи от очистных забоев.

Ежесменные осмотры, проводимые водителем между сменами, включают проверку исправности и состояния крепления узлов и агрегатов, опробование тормозов и рулевого управления, проверку герметичности гидравлической и пневматической систем, давления воздуха в пневмошинах, приборов освещения, заправку топливом, маслом и охлаждающей жидкостью. На ежесменное обслуживание машины отводится 30 мин.

Периодический технический осмотр (ТО) проводится через 7—10 дней водителем машины совместно со слесарем по ремонту и включает кроме работ, выполняемых ежесменно, ревизию узлов и сочленений (без разборки), регулировку основных систем, замену масла в редукторах, смазку и др. Продолжительность технического осмотра около 2 ч.

Первое и второе технические обслуживания (ТО-1 и ТО-2) производят с целью снижения интенсивности изнашивания узлов и механизмов путем своевременного выявления и предупреждения неисправностей.

Периодичность технических осмотров, например, для погрузочно-транспортной машины ПД-5, следующая: ТО-1 — через 60 ч работы машины, ТО-2 — через 240 ч. При ТО-1 выполняют все работы по ЕО, а также производят проверку и полную ревизию двигателя, трансмиссии, рулевого управления, ходовой части и другие работы, указанные в инструкции завода-изготовителя машины. В техническое обслуживание ТО-2 входят все работы, предусмотренные ТО-1, а также дополнительные работы по регулировке, контролю и замене отдельных узлов согласно перечню работ по инструкции завода-изготовителя.

Для подземных автосамосвалов типа МоАЗ проводят ТО-1 через каждые 50 ч работы, но не более чем через 1000 км пробега, а ТО-2 — через 250 ч, но не более чем через 5000 км пробега.

Периодичность текущих ремонтов зависит от качества эксплуатации и типа машины (табл. 6.3).

Т а б л и ц а 6.3

Периодичность ремонтов самоходных машин

Вид ремонта	Периодичность ремонтов, мес.	Межремонтный ресурс, мото-ч
Текущий (T_1)	1	120
Средний:		
первого вида (T_2)	6	720
второго вида (T_3)	12	1440
Капитальный (К)	24	3000

Структура ремонтного цикла машины ПД-5: $T_1 — T_1 — T_1 — T_1 — T_1 — T_2 — T_1 — T_1 — T_1 — T_1 — T_3 — T_1 — T_1 — T_1 — T_1 — T_1 — T_1 — T_2 — T_1 — T_1 — T_1 — T_1 — T_1 — T_1 — K$.

Длительность текущего ремонта самоходной машины с дизельным приводом практически составляет 50—60 ч.

Все виды технического обслуживания и текущие ремонты проводят в подземных ремонтных пунктах, оснащенных необходимым оборудованием, а капитальный ремонт выполняют обычно на поверхности в центральных ремонтных мастерских. Кроме того, в подземных условиях размещают склады запасных частей и склады горюче-смазочных

материалов. Для проведения аварийных ремонтов самоходных машин непосредственно в забоях и текущих ремонтов тяжелых машин с гусеничным механизмом перемещения на месте их работы используют самоходные ремонтные мастерские.

Ремонтные пункты, предназначенные для проведения технического обслуживания и текущего ремонта с максимальным использованием готовых узлов и агрегатов, включают в себя камеру с несколькими ремонтными постами и постом регулировки двигателей, камеру для сварочных работ, шиномонтажный участок, мастерскую, камеру мойки деталей и склад запасных частей (рис. 6.2,а). Каждый пост по обслуживанию и ремонту и камера сварки имеют независимые заезды, оборудованные двойными противопожарными дверями. Камеры ремонта и склад запчастей оснащены мостовыми кранами грузоподъемностью 5 или 10 т, а пост регулировки двигателей и камеры для сварочных работ — электроталиями.

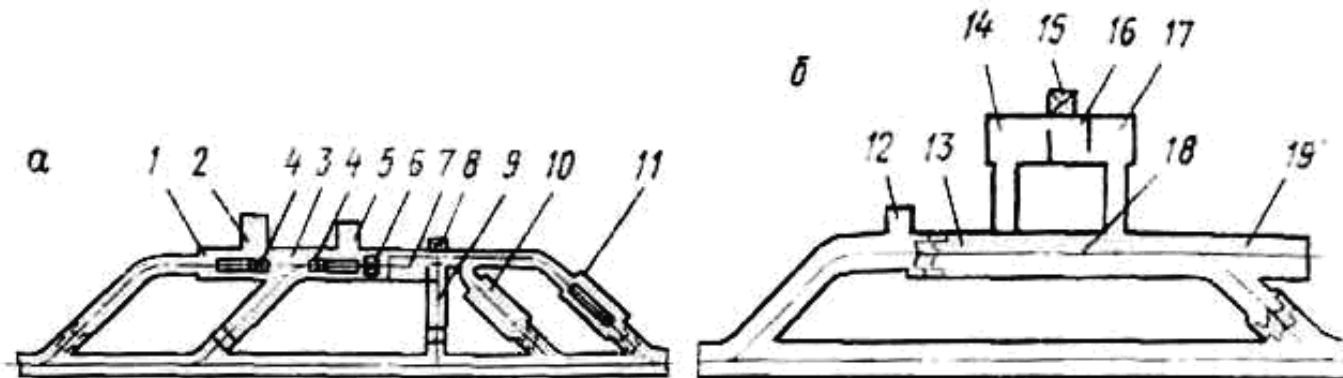


Рис. 6.2. Схемы ремонтного пункта на три поста (а) и склада ГСМ с заправочным пунктом и доставкой ГСМ по трубопроводам через скважину (б): 1 — камера ремонта; 2 — мастерская; 3 — шиномонтажный участок; 4 — смотровая яма; 5 — перфораторная; 6 — подвесной кран; 7 — склад запасных частей; 8, 15 — вентиляционный восстающий; 9 — камера мойки деталей горючими жидкостями; 10 — пост регулировки дизельных двигателей; 11 — камера для сварочных работ; 12 — ходок к скважине; 13 — пункт заправки; 14 — отделение резервуарного хранения склада ГСМ; 16 — насосная; 17 — отделение тарного хранения склада ГСМ; 18 — место установки заправочного оборудования; 19 — гараж самоходного заправщика

Пункты по ремонту самоходного оборудования укомплектованы различным инструментом, металлорежущими станками, диагностическим и другим оборудованием. Объем запасных частей и узлов, хранимых в подземных складских помещениях, должен составлять не менее 8—10% от общего оборотного фонда.

По опыту эксплуатации самоходных машин на отечественных рудных шахтах примерный расход материалов на 1000 т добытой руды составляет:

Дизельное топливо, кг	400—600
Смазочные материалы, кг	100—120
Шины	0,1—0,2
Запасные части, % от массы оборудования	15

Для хранения топлива и масла, а также для заправки машин при суточном расходе более 1 т сооружают подземный склад горюче-смазочных материалов (ГСМ) с заправочным пунктом. При суточном расходе ГСМ 2—3 т доставку их на склад производят в цистернах или в другой таре, а при большем расходе — подают с поверхности по трубопроводу (рис. 6.2, б). Склад ГСМ включает в себя комплекс выработок, в которых размещены отделения резервуарного хранения (дизельного топлива, масла) и тарного хранения (солидола, гипоидного масла и др.), насосная и пункт заправки, связанный ходками с отделениями склада. В пределах склада расположен гараж для самоходного заправочного агрегата, обслуживающего самоходные машины в забоях. Склад оборудуют автоматической системой пожаротушения.

6.3. Правила безопасности

Самоходные машины эксплуатируются в весьма специфических условиях, что обуславливает повышенные требования к соблюдению правил безопасности при работе на самоходных машинах.

К управлению самоходными машинами допускаются лица, имеющие специальное удостоверение, а к управлению транспортными машинами — лица, имеющие удостоверение водителя автомобиля и прошедшие инструктаж по безопасному применению оборудования с дизельным двигателем в подземных условиях.

Во время работы самоходных машин необходим постоянный контроль за содержанием вредных компонентов в отработавших газах дизельных двигателей, пыли в воздухе, уровней шума и вибрации, освещения и крепления выработок. Лабораторный анализ отработавших газов производят через день, а контроль рудничной атмосферы — ежедневно.

На машинах с пневмоприводом необходимо тщательно следить за креплением подводящего шланга на машине и магистральном трубопроводе, а на машинах с электрическим приводом — за состоянием заземления машины.

Места погрузки и разгрузки и трасса движения машин должны быть освещены. Кроме этого места разгрузки оборудуют орошением, а у рудоспусков — ограждениями.

Строгое соблюдение правил безопасности необходимо также при перемещении машин по транспортным выработкам. На пересечениях выработок устанавливают светофоры с желтым мигающим сигналом, а в необходимых местах — запрещающие, или указательные дорожные знаки. В выработках, где запрещен проход людей, вывешивают светящиеся транспаранты, запрещающие вход в эти выработки.

Не допускаются перевозка людей вне кабины на погрузочно-транспортных машинах, остановка машины на уклоне или с поднятым погрузочным органом.

Эксплуатация самоходной машины должна производиться согласно Инструкции по безопасному применению самоходного (нерельсового) оборудования в подземных рудниках и инструкции, разработанной заводом-изготовителем.

Вопросы для самопроверки

1. Как определяются размеры поперечного сечения транспортных выработок в зависимости от габаритов самоходной машины?
2. Что включает в себя система планово-предупредительных ремонтов (ППР) самоходных машин?
3. Перечислите меры безопасности при работе самоходных машин.

7. СКРЕПЕРНЫЕ УСТАНОВКИ

7.1. Принцип действия и область применения

Скреперная установка (рис. 7.1, *а*) включает в себя скреперную лебедку 1, скрепер 2, головной 3 и хвостовой 4 канаты, концевые и поддерживающие блоки 5. При работе скрепер совершает периодические возвратно-поступательные движения: порожний скрепер перемещается в сторону забоя с помощью хвостового каната, от забоя — с помощью головного каната. Внедряясь в разрыхленную горную массу, скрепер самозагружается и доставляет ее волоком по почве очистной или подготовительной выработки до места разгрузки.

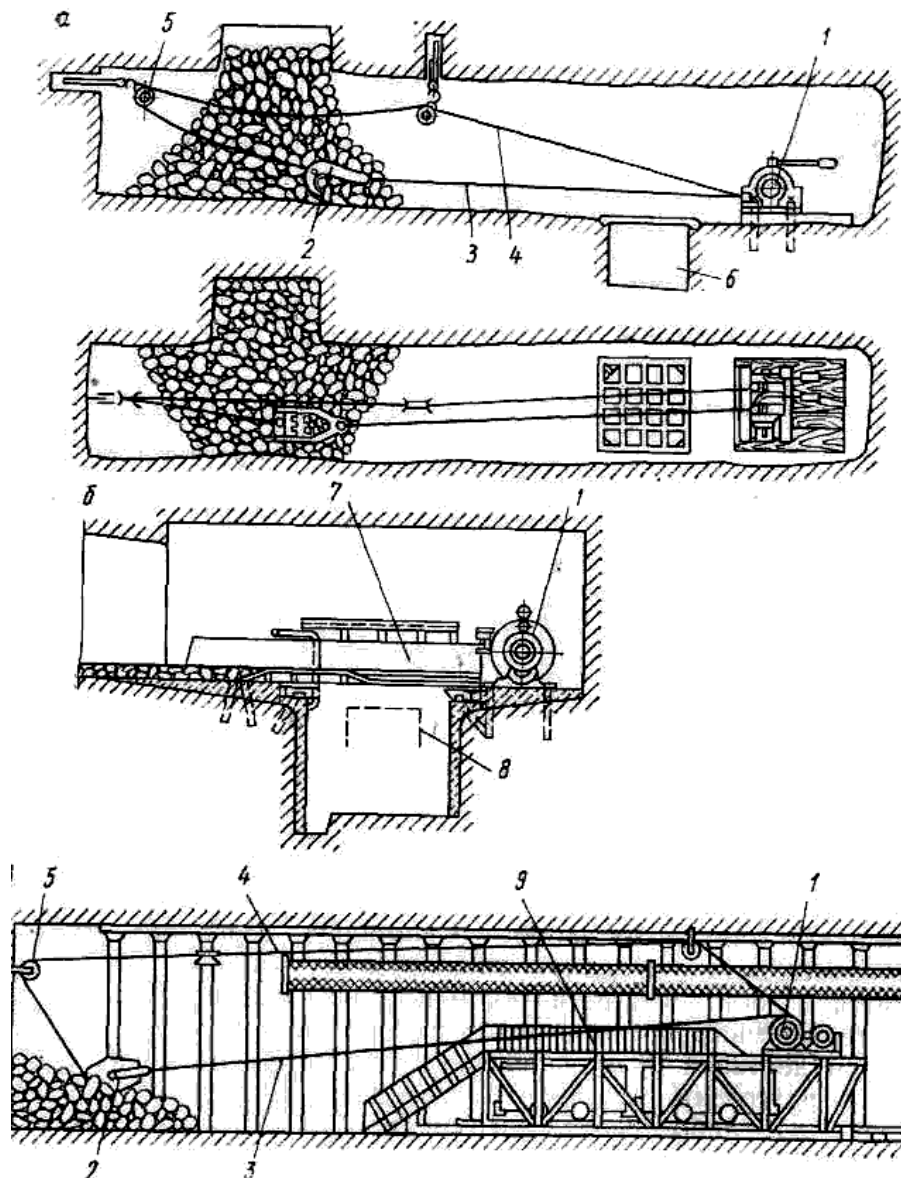


Рис. 7.1. Доставка руды скреперными установками: *а* - в рудоспуск; *б* - то же с безлюковой загрузкой вагонеток, *в* - из подготовительного забоя с загрузкой вагонеток через передвижной полук

При доставке руды скреперными установками из очистных забоев разгрузку руды производят либо в рудоспуски 6 (см. рис. 7.1, *а*), либо через погрузочный полук 7 в вагоны 8 (рис. 7.1, *б*). Такую загрузку вагонов называют безлюковой. Широко применяют скреперные установки при проведении горных выработок с загрузкой горной массы через передвижной полук 9 (рис. 7.1, *в*) в вагонетки или конвейер.

Обычно скреперование руды производят по прямой с использованием двухбарабанной скреперной лебедки (см. рис. 7.1, *а*). Кроме этого возможно скреперование под углом одной скреперной установкой с доставкой руды в две стадии: вначале — «из-за угла» по выработке I до оси выработки II (рис. 7.2, *а*), затем по выработке II с предварительной перепасовкой каната на другой концевой блок (рис. 7.2, *б*). Скреперование под углом осуществляют двумя скреперными установками с последовательной доставкой руды или одной установкой с трехбарабанной лебедкой (рис. 7.2, *б*), при этом перемещение груженого скрепера «из-за угла» производят правым крайним канатом, а по направлению к рудоспуску по прямой — средним канатом.

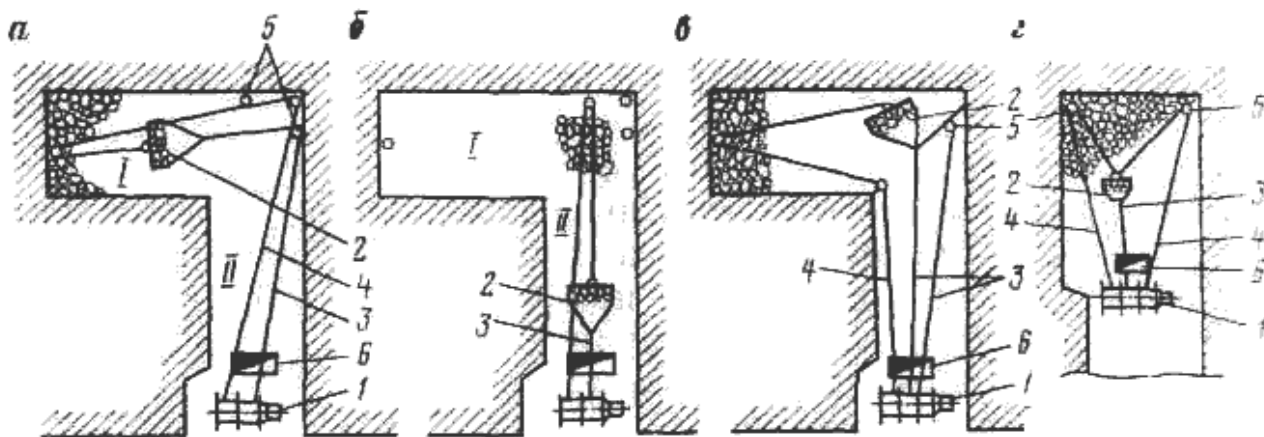


Рис. 7.2. Схемы скреперных установок: а, б — с двухбарабанной лебедкой при скреперовании под углом в две стадии; в, г — с трехбарабанной лебедкой при скреперовании соответственно под углом и по площади очистной камеры; 1 — лебедка; 2 — скрепер; 3 — головной канат; 4 — хвостовой канат; 5 — блоки; 6 — рудопуск

Доставку руды в широких камерах осуществляют скреперными установками с трехбарабанной скреперной лебедкой. Движение скрепера по площади камеры обеспечивается одним средним головным и двумя крайними хвостовыми канатами (рис. 7.2, г).

Основные параметры скреперных установок: сменная производительность — от 30—50 до 150—450 т (реже — до 800 т); длина доставки 6—80 м, рациональная — 20—30 м, а при добыче калийных солей — 250—300 м; максимальная крупность доставляемых кусков 800—1000 мм; угол наклона трассы скреперования — до 35°.

Преимущества скреперных установок: простота конструкции; совмещение операций по погрузке и доставке; возможность доставки крупнокусковой горной массы любой абразивности при различных углах наклона выработки; простота изменения длины доставки. Недостатки: малая производительность; ограниченная длина доставки, что влечет за собой частое расположение рудоспусков или других пунктов разгрузки; быстрый износ канатов; высокая энергоемкость; необходимость монтажно-демонтажных работ; сравнительно тяжелый труд машиниста скреперной установки и сложность автоматизации ее работы.

В настоящее время на многих рудных шахтах малопроизводительные скреперные установки заменяют самоходным оборудованием и различными транспортными средствами, обеспечивающими непрерывную доставку руды (например, питателями и конвейерами). Таким образом, наиболее целесообразной областью применения скреперных установок является, в основном, доставка руды в условиях небольшой мощности залежи, при обособленном расположении и небольшом запасе блока или подэтажа (до 50—100 тыс. т), при большом горном давлении и малоустойчивой руде, что затрудняет поддержание выработки такого сечения, которое обеспечивало бы прохождение самоходного оборудования.

При системах разработки крутых и наклонных рудных тел с выпуском руды на горизонт скреперования через воронки под действием собственного веса применяют скреперные погрузочные пункты (см. рис. 7.1, б). Выпущенная руда доставляется скрепером к колосниковому грохоту и, пройдя через его решетку, грузится в вагонетки.

Основные области применения скреперных установок при добыче крепких руд: доставка руды непосредственно в очистном пространстве от забоя до рудоспуска или до погрузочного полка при камерно-столбовой или сплошной со слоевым обрушением системах разработки; на горизонте доставки от дучек до рудоспусков или до различных погрузочных устройств при системах разработки с подэтажной отбойкой, маганизированием руды, подэтажным или этажным обрушением; доставка закладочных материалов при системе разработки горизонтальными слоями с закладкой; доставка и погрузка породы при проведении горных выработок.

7.2. Оборудование скреперных установок

Применяют, в основном, стационарные скреперные установки с лебедками, смонтированными на специальной закрепленной раме или бетонном фундаменте, и иногда — передвижные с лебедками на гусеничном, колесно-рельсовом или пневмошинном механизмах перемещения.

Передвижные скреперные установки, называемые скреперными грузчиками или скреперно-погрузочными машинами, используются при камерно-столбовых и других системах разработки, а также при проходке подготовительных выработок.

При разработке калийных руд применяют скреперно-погрузочную машину с гусеничным механизмом перемещения, на котором установлены трехбарабанная скреперная лебедка, приемный лоток, скребковый конвейер, дробилка и перегрузочный конвейер. Эта машина предназначена для погрузки в другие транспортные средства и вторичного дробления калийной руды в очистных камерах.

Стационарные скреперные установки, имеющие принципиально одинаковые конструкции, состоят из скрепера, лебедки, канатов и блоков.

Скреперы по конструктивному исполнению подразделяются на гребковые, ящичные, гребково-ящичные и совковые.

Для доставки крупнокусковых абразивных руд широко применяются гребковые скреперы (рис. 7.3, *а—г*). Ящичные скреперы (рис. 7.3, *д*) применяют для доставки мелкокусковой горной массы невысокой крепости. Гребково-ящичные скреперы отличаются от односекционных жестких гребковых скреперов наличием небольших боковых стенок и применяются для доставки среднекусковой горной массы повышенной влажности.

По способу изготовления различают литые, сварные и комбинированные скреперы, по исполнению — неразборные и разборные, по расположению режущих кромок — односторонние и двухсторонние.

К конструкции скрепера предъявляют такие основные требования как обеспечение полного и быстрого его заполнения, высокая прочность, возможно меньшее сопротивление перемещению, устойчивость при движении по неровной почве выработки.

Гребковый скрепер (см. рис. 7.3, *а*) состоит из корпуса 1, представляющего собой заднюю стенку, рабочая кромка которой снабжена сменным лезвием 2, выполненным из износостойкой хромоникелевой стали, боковых тяг 3 и двух серег 4 и 5 для крепления головного и хвостового канатов. Благодаря такой конструкции обеспечивается хорошее внедрение гребкового скрепера в крупнокусковую горную массу, но ввиду отсутствия боковых стенок возможны некоторые потери руды по трассе доставки.

Гребковые скреперы выполняют односторонними (см. рис. 7.3, *а*) или двухсторонними (см. рис. 7.3, *б*) с двумя рабочими лезвиями. Двухсторонние скреперы в случае переворота в процессе движения по навалу крупнокусковой руды не требуют восстановления их в прежнее положение, однако применение их возможно только в выработках значительной высоты.

Гребковый шарнирно-складывающийся скрепер (см. рис. 7.3, *в*) обеспечивает хорошее внедрение и заполнение. При холостом ходе благодаря складыванию задней стенки уменьшается сопротивление перемещению скрепера. Он редко опрокидывается и проходит через небольшой просвет под кровлей выработки над навалом руды.

Многосекционные гребковые скреперы выполняют жесткими или шарнирно-складывающимися (см. рис. 7.3, *г*). Такие скреперы при относительно небольшой ширине обеспечивают большую производительность, чем односекционные, и применяются в выработках шириной 1,6—2 м.

Ящичный скрепер (см. рис. 7.3, *д*) состоит из задней стенки с режущим лезвием и двух боковых стенок, благодаря которым достигаются меньшие потери доставляемой горной массы по сравнению с гребковым скрепером. Однако вследствие наличия боковых стенок обеспечивается хорошее внедрение ящичного скрепера только в разрыхленную мелкокусковую горную массу. Ящичные скреперы широко применяются для доставки калийных руд.

Все типы скреперов имеют буквенные обозначения, например, гребковые односекционные жесткие — СГ, гребковые многосекционные жесткие — СГМ, гребковые односекционные шарнирно-складывающиеся — СГШ, ящичные — СЯ, совковые — СС. Главный параметр скрепера — расчетная геометрическая вместимость в кубических метрах, указываемая после буквенного обозначения, например, СГ-0,4, СЯ-0,6 (табл. 7.1).

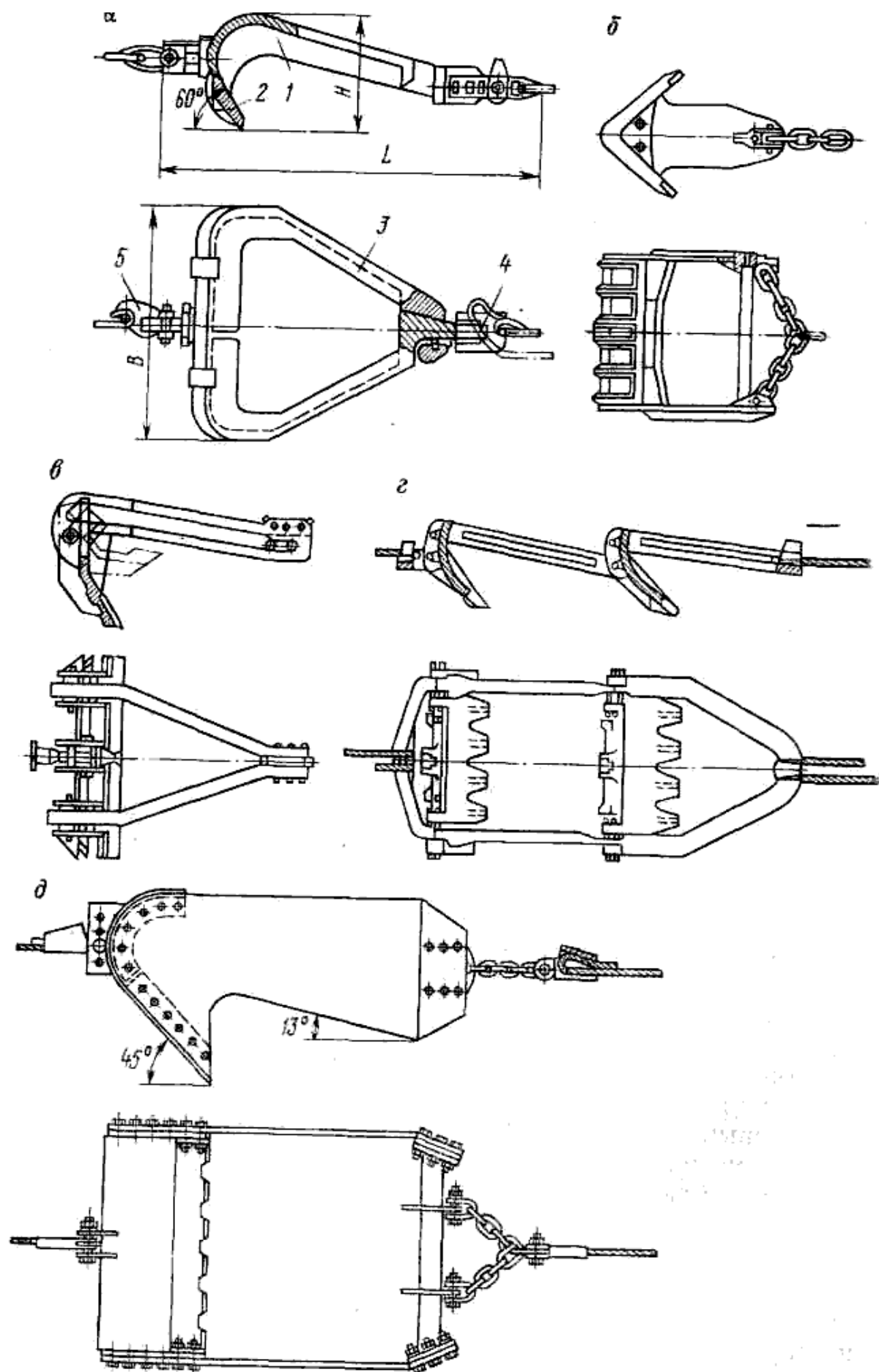


Рис. 7.3. Типы скреперов: а - г — гребковые (а — односторонний жесткий; б — двусторонний жесткий; в — односекционный шарнирноскладывающийся; г — многосекционный); д — ящичный

Параметры гребковых односекционных жестких и ящичных скреперов

Тип	Расчетная вместимость, м ³	Размеры, мм			Масса скрепера, кг	
		ширина	длина	высота	легкого	тяжелого
СГ	0,1	710	950	400	85	160
	0,16	860	1250	500	160	265
	0,25	950	1400	560	265	400
	0,4	1120	1700	670	400	560
	0,6	1250	2000	800	560	800
	1	1500	2360	900	800	1180
	2,5	1900	3000	1250	1600	2120
	4	2260	3550	1500	2120	3000
СЯ	0,16	700	800	360	85	160
	0,25	850	950	400	160	265
	0,4	950	1120	450	265	400
	0,6	1120	1400	500	400	560
	1	1250	1700	560	560	800
	1,6	1500	2000	630	800	1180
	2,5	1700	2560	710	1180	1600
	4	1900	3000	800	1600	2120

Наиболее широкое распространение получили гребковые и ящичные скреперы: легкие — для доставки горной массы плотностью в разрыхленном состоянии до 2 т/м³; тяжелые — то же плотностью свыше 2 т/м³.

Угол внедрения гребковых скреперов $\alpha = 45^\circ\div 60^\circ$, ящичных — $\alpha = 30^\circ\div 45^\circ$. Ширина скрепера B должна быть в 2—2,5 раза больше максимального размера доставляемого куска руды. В некоторых случаях ширина скрепера ограничивается шириной выработки.

Лебедки скреперных установок имеют два или три барабана с соосным (С) или параллельным (П) расположением барабанов и двигателя. Наибольшее распространение получили лебедки с соосным расположением барабанов и двигателя (рис. 7.4, а), однако в узких выработках и на проходческих работах применяют скреперные лебедки с параллельным расположением барабанов и двигателя (рис. 7.4, б).

Привод скреперной лебедки, как правило, электрический (асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором), реже — пневматический (для лебедок небольшой мощности, используемых в шахтах, опасных по газу и пыли).

Управление скреперными лебедками может быть ручным дистанционным или автоматическим.

Все выпускаемые отечественной промышленностью скреперные лебедки имеют одинаковые кинематические схемы, способы включения барабанов и выполнены из унифицированных деталей. Во время работы лебедки двигатель не реверсируют. Периодическое подключение барабанов к постоянно вращающемуся центральному валу осуществляется посредством планетарно-фрикционных механизмов.

Скреперная лебедка (см. рис. 7.4, б) состоит из двигателя 1, редуктора 2, блоков рабочего 3 и холостого 4 барабанов с планетарными редукторами 5 и 6, выполненными идентично, тормозных устройств (фрикционов) 7 и притормаживающих устройств 8. Лебедка установлена на раме 9. На корпусе лебедки закреплены направляющие рамки с роликами 10 для канатов.

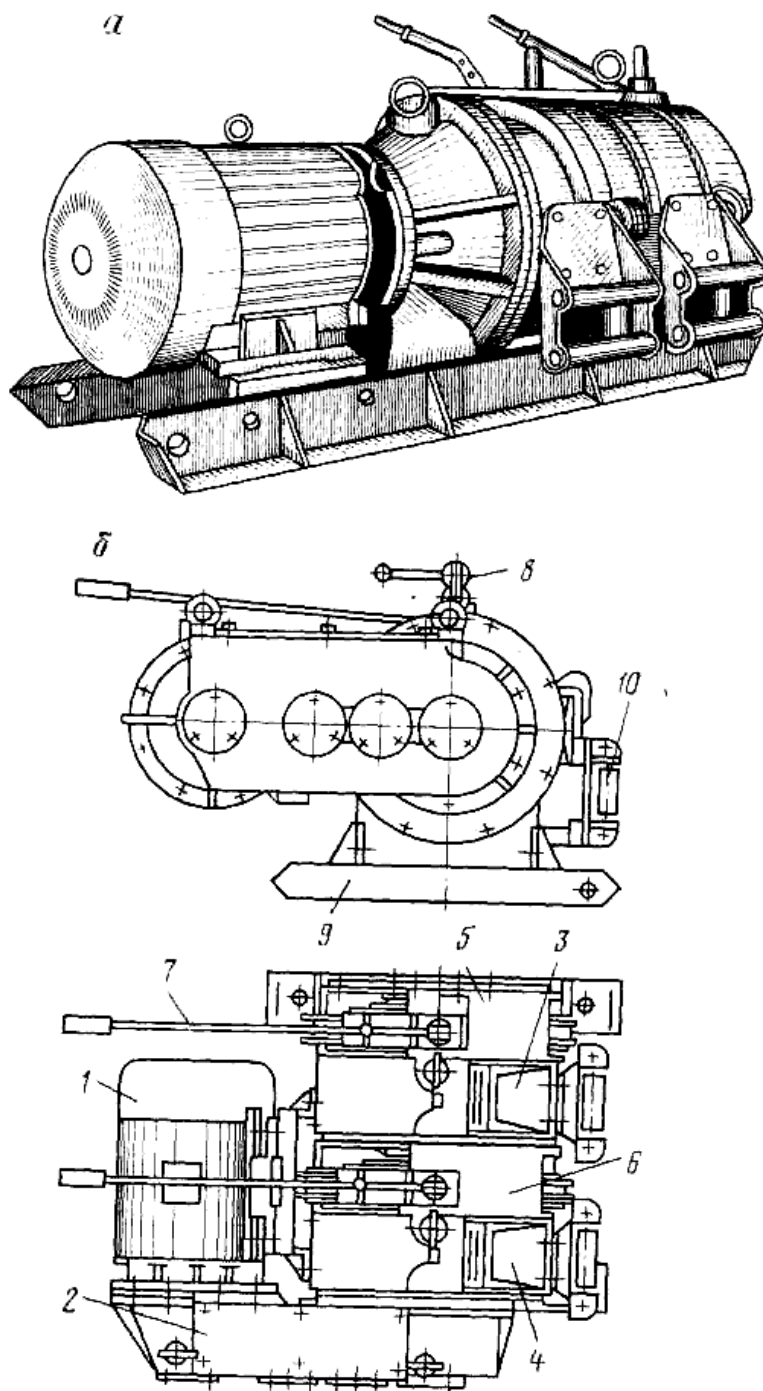


Рис. 7.4. Скреперные лебедки: а - типа 2С; б - типа 2П

Скреперная лебедка действует следующим образом (рис. 7.5). Вращение от редуктора 1 передается центральному валу 2, на котором жестко закреплены солнечные шестерни 3 и 9, находящиеся в зацеплении с сателлитами 4 и 10, свободно посаженными на водила 7 и 12. Сателлиты, в свою очередь находятся в зацеплении с венцовыми шестернями 5 и 11, наружные обода которых охватываются тормозными устройствами 6. Водила 7 и 12 жестко скреплены с барабанами 8 и 13, которые свободно посажены на центральном валу 2.

При выключении тормозных устройств 6 шестерни 3 и 9 вращаются по часовой стрелке, а сателлиты 4 и 10 и венцовые шестерни 5 и 11 — против часовой стрелки. При этом барабаны 8 и 13 не вращаются, так как планетарный редуктор в данном случае выполняет роль простой зубчатой передачи с паразитной шестерней.

При затормаживании венцовой шестерни 5 сателлиты 4, вращаясь относительно солнечного колеса 3, увлекают во вращение водило 7 вместе с барабаном 8, на который наматывается головной канат. Одновременно происходит свободное сматывание хвостового каната с барабана 13. При затормаживании венцовой шестерни 11 происходит вращение барабана 13 и обратное движение скрепера.

Разное число зубьев солнечных шестерен 3 и 9 и сателлитов 4 и 10 обеспечивает различную скорость движения головного и хвостового канатов.

Согласно ГОСТ 15035—80 изготавливают скреперные лебедки мощностью 10, 17, 30, 55 и 100 кВт. Каждой конструкции лебедок (табл. 7.2) присваивается обозначение (например, 30ЛС-2ПМ, 55ЛС-2СМ, 100ЛС-3СМ), которое расшифровывается следующим образом: первая цифра — мощность лебедки в киловаттах; ЛС — лебедка скреперная; следующая цифра — число барабанов; П и С — соответственно параллельное или соосное расположение барабанов и двигателя; М — модернизированная.

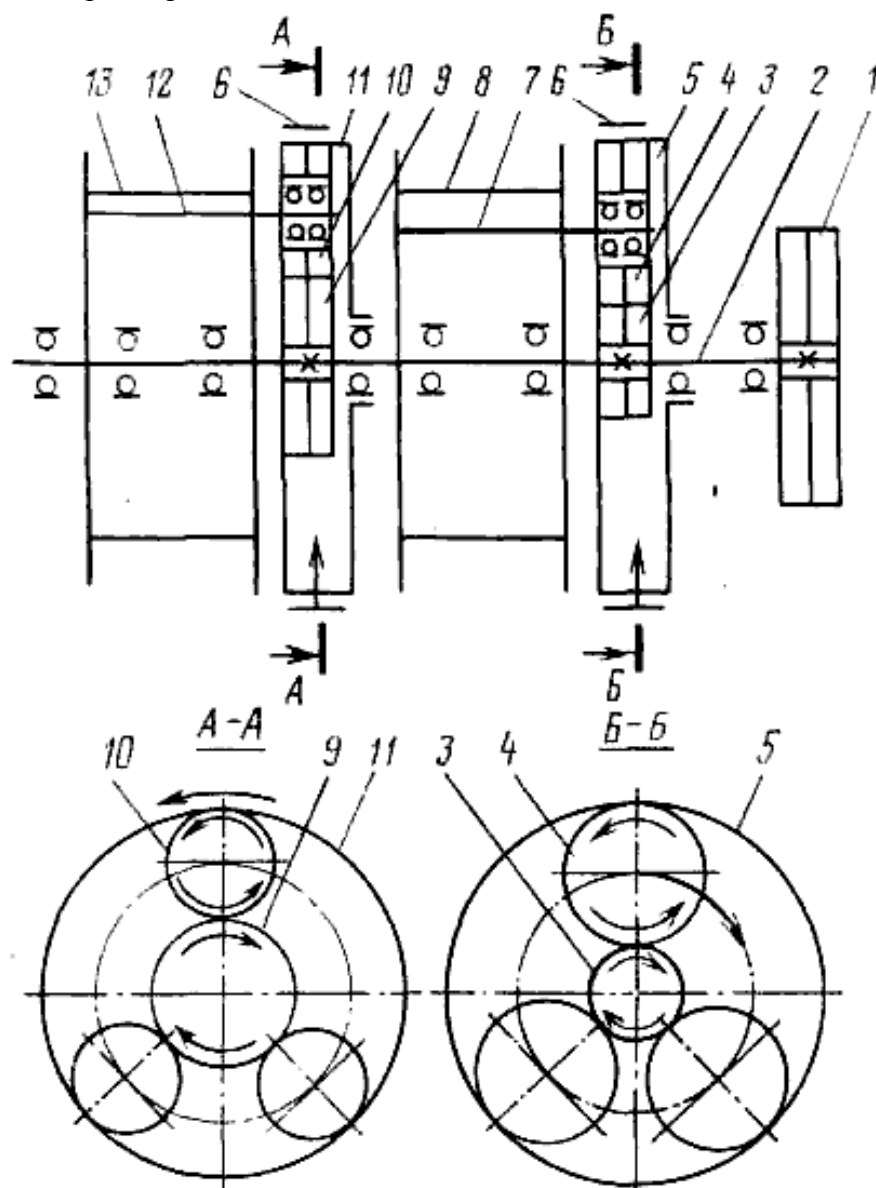


Рис. 7.5. Кинематическая схема скреперной лебедки

Таблица 7.2

Технические характеристики скреперных лебедок

Параметры	10ЛС-2СУ	17ЛС-2С	30ЛС-2СМ	55ЛС-2СМ	100ЛС-2СМ
			30ЛС-2ПМ	55ЛС-2ПМ	100ЛС-2ПМ
			30ЛС-3СМ	55ЛС-3СМ	100ЛС-3СМ
Тяговое усилие на рабочем канате, кН	9,8	15,7	27,5	44	78,4
Скорость каната м/с:					
рабочего	1,1	1,11	1,17	1,33	1,37
холостого	1,5	1,54	1,6	1,8	1,9
Диаметр каната, мм	12	14	15	19,5	23
Канатоемкость барабана, м	45	60	90	100	125
Масса, кг	355	641	1146	1997	3510

			1325	2393	3985
			1550	2720	4825

Скреперные лебедки мощностью до 30 кВт применяют при непродолжительной отработке маломощных залежей на подэтажах, а также при проведении подготовительных выработок, мощностью 55 и 100 кВт — в больших очистных камерах и на горизонтах выпуска руды.

Управление барабанами скреперной лебедки производят вручную (машинист при этом постоянно находится у лебедки), реже — с помощью устройств дистанционного или автоматического управления. В последних случаях улучшаются условия труда машиниста, который может находиться у места загрузки скрепера, повышаются производительность и безопасность обслуживания.

В скреперных лебедках с дистанционным управлением обеспечивается включение барабанов лебедки на расстоянии и автоматическое переключение на холостой ход после разгрузки: скрепера. Переключение тормозных рычагов барабанов производится пневмо- или гидроцилиндрами, управление которыми осуществляется клапанами, переключаемыми с помощью соленоидов. Соленоиды расположены в распределительной коробке, соединенной гибким кабелем с переносным блок-постом управления лебедкой.

Устройства автоматического управления скреперной лебедкой обеспечивают работу без вмешательства машиниста и отключение двигателя при обрыве каната. Переключение барабанов при нахождении скрепера в конечных точках осуществляется датчиками, которые получают импульсы от скрепера, канатов или от вращающихся деталей лебедки, центрального вала или барабанов. Например, в скреперных лебедках с автоматическим управлением от канатов, на которых в определенных точках жестко закреплены муфты, переключение барабанов осуществляется при воздействии муфт на конечные выключатели, управляющие соленоидными клапанами гидроцилиндров. Штоки гидроцилиндров, как и в лебедке с дистанционным управлением, связаны с тормозными рычагами.

Канаты, применяемые в скреперных установках, должны обладать высокой прочностью, гибкостью и износостойкостью. Обычно используют шестипрядные канаты двойной свивки с органическим сердечником крестовой свивки (проволоки в прядях и пряди каната свиты в противоположных направлениях), так как они меньше подвержены кручению по сравнению с канатами односторонней свивки, в которых направление навивки проволок в прядях и навивки прядей в канате совпадают. В зависимости от типа свивки прядей различают канаты с точечным касанием отдельных проволок между слоями прядей (типа ТК), линейным касанием (типа ЛК) или с комбинированным точечно-линейным касанием ТЛК. Пряди используемых в горной промышленности канатов сплетают из стальной светлой или оцинкованной проволоки с расчетной прочностью 1570—1960 МПа. Пряди по отдельным слоям сплетают из проволок одинакового (канат ЛК-О) или разного (канат ЛК-Р) диаметра. Канаты с линейным касанием отдельных проволок между слоями типа ЛК более гибкие, износостойкие и выдерживают большее число изгибов по сравнению с канатами типа ТК.

Условные обозначения канатов крестовой свивки, используемых в скреперных лебедках, 6×19+1 о. с. или 6×36+1 о. с. (первая цифра — число прядей в канате, вторая — число проволок в пряди плюс один органический сердечник). Диаметр каната (от 14 до 28 мм) выбирают в зависимости от мощности скреперной лебедки.

При доставке крепкой абразивной руды канаты быстро изнашиваются, поэтому расход их в среднем составляет от 25 до 60 кг на 1000 т доставляемой руды.

Блоки скреперной установки (рис. 7.6, а) должны быть прочными, легкими, обеспечивать простую запасовку и снятие каната, а также пропуск каната, связанного узлом, быть удобными для переноски и закрепления. Диаметр блока должен быть не менее 15—18 диаметров каната. В скреперных установках применяют блоки диаметром 200—400 мм.

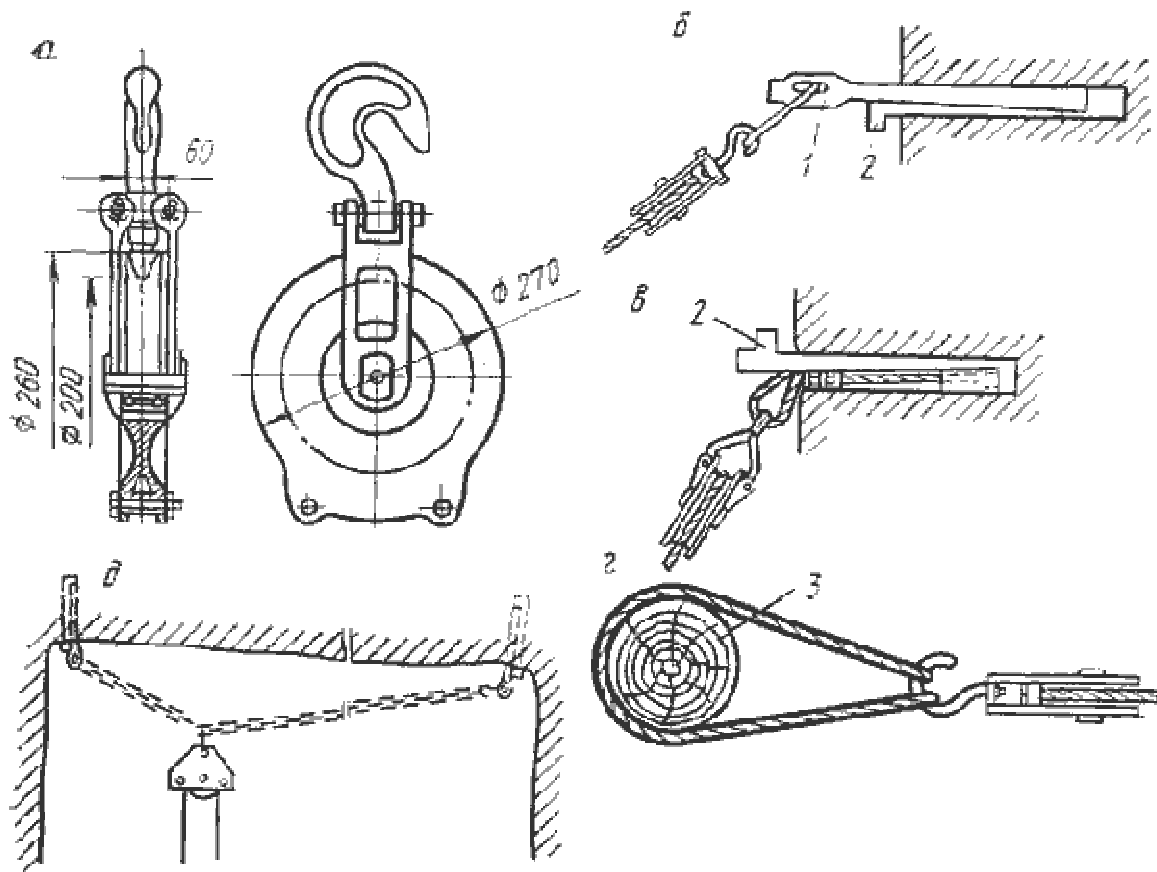


Рис. 7.6. Блок скреперной установки и способы его крепления:

а — конструкция блока; *б* — клиновое крепление штыря блока; *в* — клиновое крепление сухаря; *г* — крепление блока на стойке; *д* — крепление блока на цепи; 1 — штырь; 2 — клин; 3 — стойка

В зависимости от места установки различают блоки концевые и поддерживающие. Концевые блоки, закрепляемые в конце скреперной установки и огибаемые под большим углом хвостовым канатом, испытывают большие нагрузки. Поддерживающие блоки устанавливают по трассе скреперования для подвешивания хвостового каната.

Крепление блоков производят с помощью штырей (рис. 7.6, *б*), канатных анкеров (рис. 7.6, *в*), удерживаемых забитыми в шпury клиньями, иногда — с помощью петли каната на стойках (рис. 7.6, *г*) или отрезка цепи (рис. 7.6, *д*).

7.3. Расчет скреперных установок

Основными расчетными параметрами скреперной установки являются производительность, диаметр канатов, мощность лебедки.

Техническая производительность (т/ч) скреперной установки при погрузке руды в рудоспуск

$$Q_m = \frac{3600}{t_{\text{ц}}} V_c k_3 g = \frac{3600 V_c k_3 g}{L(n_{\text{зп}}^{-1} + n_{\text{нор}}^{-1}) + t} \quad (7.1)$$

где V_c — геометрическая вместимость скрепера, м^3 ; γ — плотность погружаемой горной массы, т/м^3 ; k_3 — коэффициент заполнения скрепера, принимаемый для крупнокусковой руды 0,5—0,7, для среднекусковой 0,7—0,8 и мелкокусковой 0,9—1; $k_{\text{ц}}$ — длительность цикла скреперования, с; L — длина скреперования, м; $v_{\text{зп}}$ и $v_{\text{нор}}$ — соответственно скорость движения груженого и порожнего скрепера (см. табл. 7.2); $t = 10 \div 15$ с — время пауз скрепера в конечных пунктах.

Эксплуатационная сменная производительность (т) скреперной установки

$$Q_{\text{см}} = Q_m t_{\text{см}} k_u \quad (7.2)$$

где $t_{\text{см}}$ — длительность смены, ч; $k_u = 0,4 \div 0,7$ — коэффициент использования скреперной установки в течение смены

$$k_u = \frac{60t_{\text{см}} - t_{\text{зав}} - t_{\text{с.д}} - t_{\text{нр}}}{60t_{\text{см}}} \quad (7.3)$$

где $t_{зав}$, $t_{в.д}$, $t_{пр}$ — соответственно время, затрачиваемое в течение смены на ликвидацию зависаний руды, на вторичное дробление негабарита на почве выработки и простоев установки в течение смены по различным причинам, мин.

Средняя продолжительность ликвидации одного зависания 15 мин, время на вторичное дробление зависит от количества негабаритов в выпускаемой руде, а время простоев по другим причинам составляет 60—80 мин.

Если производительность $Q_{см}$ задана, то по формулам (7.1) и (7.2) можно найти необходимую вместимость скрепера ($м^3$):

$$V_c = \frac{Q_{см} [L(n_{сп}^{-1} + n_{нор}^{-1}) + t]}{3600k_3 k_u t_{см}} \quad (7.4)$$

При безлюковой погрузке руды в вагоны электровозной откатки сменная производительность скреперной установки ($т$) зависит от времени загрузки одного вагона ($с$)

$$t_{ноз} = \frac{V_6}{V_c k_3} [L(v_{сп}^{-1} + v_{нор}^{-1}) + t] \quad (7.5)$$

времени загрузки состава $zt_{ноз}$ и времени t_1 , затрачиваемого на смену состава ($с$).

Эксплуатационная сменная производительность скреперной установки ($т$) при безлюковой погрузке

$$Q_{см} = \frac{3600V_6 \gamma z t_{см} k_u}{\frac{V_6}{V_c k_3} \left[L \left(\frac{1}{v_{сп}} + \frac{1}{v_{нор}} \right) + t \right] z + t_1} \quad (7.6)$$

где V_6 — вместимость кузова вагона, $м^3$; z — число вагонов в составе.

Соппротивление перемещению ($Н$) груженого скрепера $W_{зр}$ складывается из сопротивлений перемещению горной массы по почве выработки W_1 , самого скрепера W_2 , канатов W_3 и сопротивления от хвостового каната лебедки W_4 .

$$W_{зр} = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 = [G_z (f_1 \cos \beta \pm \sin \beta) + G_0 (f_2 \cos \beta \pm \sin \beta) + 2Lq_k f_2]g + W_4 \quad (7.7)$$

где $G_z = 1000V_c \gamma k_3$ и G_0 — масса соответственно доставляемой горной массы в скрепере и самого скрепера, $кг$; $f_1 = 0,8 \div 0,9$ и $f_2 = 0,4 \div 0,55$ — соответственно коэффициенты трения доставляемой горной массы и скрепера или канатов по почве выработки; β — угол наклона выработки, градус (при доставке вверх принимают знак «+», вниз — знак «—»); q_k — масса 1 м каната, $кг/м$; $W_4 = 2000 \div 3000$ $Н$.

Соппротивление движению порожнего скрепера ($Н$)

$$W_{нор} = [G_0 (f_2 \cos \beta \pm \sin \beta) + 2Lq_k f_2]g + W_4 \quad (7.8)$$

Т а б л и ц а 7.3

Основные параметры скреперных лебедок

Параметры	Мощность лебедки, кВт			
	17	30	55	100
Вместимость скрепера, $м^3$	0,25—0,4	0,4—0,6	0,6—1	1—1,6
Диаметр, мм:				
каната	14—16	16—18	19,5—22,5	23—27,5
блока	200—250	250—300	300—400	400

Мощность ($кВт$) двигателя лебедки проверяют по наибольшему сопротивлению перемещению (обычно по сопротивлению груженого скрепера):

$$N = \frac{k_{зап} W_{зр} v_{зр}}{1000\eta} \quad (7.9)$$

где $k_{зап} = 1,15 \div 1,2$ — коэффициент запаса мощности; $\eta = 0,75 \div 0,85$ — КПД трансмиссии лебедки.

Диаметр каната выбирают по максимальной нагрузке на головном канате, которая для конкретных условий эксплуатации соответствует сопротивлению перемещению груженого скрепера $W_{зр}$. Запас прочности каната

$$m \geq S_{раз}/W_{гр},$$

где $S_{раз}$ — разрывное усилие каната, $Н$. Запас прочности должен быть не менее $m = 3 \div 4$. По ГОСТ 2688—80 в соответствии с $S_{раз}$ выбирают диаметр каната.

Максимальный диаметр каната для конкретного типа лебедки соответствующей номинальной мощности, выбирают из условия

$$S_{раз} \geq S_{max} m,$$

где S_{max} — максимальное тяговое усилие на головном канате лебедки (см. табл. 7.2).

Практически вместимость скрепера, диаметр канатов и диаметры блоков выбирают в зависимости от мощности скреперной лебедки (табл. 7.3).

Пример. Подобрать скрепер, лебедку и канат для следующих условий эксплуатации: производительность скреперной установки в смену $Q_{см} = 260 \text{ м}^3$; длина транспортирования по горизонтали $L = 45 \text{ м}$; плотность транспортируемой горной массы $\gamma = 2,1 \text{ т/м}^3$; максимальная крупность отдельных кусков $q_{max} = 400 \text{ мм}$; продолжительность смены $t_{см} = 6 \text{ ч}$.

Для транспортирования крупнокусовой скальной горной массы (руды) выбираем гребковый скрепер. Скорость груженого скрепера $v_{гр} = 1,3 \text{ м/с}$, порожнего — $v_{пор} = 1,8 \text{ м/с}$, время пауз скрепера в конечных пунктах $t = 10 \text{ с}$, коэффициент заполнения скрепера $k_3 = 0,8$, коэффициент использования скреперной установки во времени $k_u = 0,7$.

Вместимость скрепера [(см. формулу (7.4)]

$$V_c = \frac{Q_{см} [L(v_{гр}^{-1} + v_{пор}^{-1}) + t]}{3600 k_3 \gamma k_u t_{см}} = \frac{200 [45(1,3^{-1} + 1,8^{-1}) + 10]}{3600 \cdot 0,8 \cdot 2,1 \cdot 0,7 \cdot 6} = 0,54 \text{ м}^3$$

Согласно табл. 7.1 принимаем гребковый скрепер СГ-0,6 вместимостью $0,6 \text{ м}^3$.

Соппротивление перемещению груженого скрепера определим по формуле (7.7) при условии движения его по горизонтали ($\beta = 0$).

Принимаем коэффициенты сопротивления движению горной массы по почве $f_1 = 0,8$, скрепера и канатов по почве $f_2 = 0,4$. По табл. 7.1 принимаем: массу скрепера $G_0 = 560 \text{ кг}$; массу 1 м каната (ориентировочно) $q_k = 2 \text{ кг/м}$; сопротивление от хвостового каната $W_4 = 3000 \text{ Н}$. Таким образом,

$$W_{гр} = (1000 \cdot 0,6 \cdot 2,1 \cdot 0,8 \cdot 0,8 + 560 \cdot 0,8 + 2 \cdot 45 \cdot 2 \cdot 0,8) 9,81 + 3000 = 18127 \text{ Н}.$$

Мощность двигателя скреперной лебедки при перемещении груженого скрепера [см. формулу (7.9)]

$$N = \frac{k_{зан} W_{гр} v_{гр}}{1000 \eta} = \frac{1,2 \cdot 18127 \cdot 1,3}{1000 \cdot 0,75} = 37,7 \text{ кВт}$$

Согласно табл. 7.2 принимаем двухбарабанную скреперную лебедку 55ЛС-2СМ (номинальная мощность привода 55 кВт, тяговое усилие на рабочем канате $S_{max} = 44 \text{ кН}$).

Выбранная скреперная лебедка 55ЛС-2СМ может быть использована и при работе в наклонных выработках. Вследствие этого диаметр каната выбираем по максимальному тяговому усилию на головном канате $S_{max} = 44 \text{ кН}$ (см. табл. 7.2). Тогда разрывное усилие каната

$$S_{раз} = S_{max} m = 44 \cdot 4 = 176 \text{ кН}.$$

По ГОСТ 2688—80 на стальные канаты двойной свивки с линейным касанием проволок в прядях типа ЛК-Р с органическим сердечником с учетом расчетной прочности проволок 1570 МПа выбираем канат диаметром 19,5 мм.

7.4. Эксплуатация и правила безопасности

К управлению скреперной лебедкой допускается только машинист, имеющий специальное удостоверение.

Перед эксплуатацией необходимо надежно закрепить лебедку, которая должна быть расположена горизонтально под прямым углом к оси выработки. Лебедку закрепляют анкерными болтами к почве выработки или бетонному основанию. Поддерживающие блоки для хвостового каната укрепляют через 15—20 м.

Все вращающиеся детали лебедки должны быть ограждены. Во избежание травматизма при обрыве каната перед лебедкой устанавливают защитные щитки. Корпус лебедки должен быть обязательно заземлен. Необходимо хорошее освещение лебедки и дорожки скреперования.

При работе скреперной установки категорически запрещается: производить смазку блоков и лебедки, браться за канат и другие подвижные детали установки, выходить на дорожку скреперования. Кроме этого не допускаются работа без защитных кожухов на

вращающихся деталях лебедки, одновременное включение рабочего и холостого барабанов, подъем и опускание грузов скреперной лебедкой.

Расстояние от скреперной лебедки до места загрузки скрепера должно составлять не менее 5 м. Отношение ширины скрепера к ширине выработки при доставке руды жесткими скреперами должно составлять не менее 0,4—0,6, шарнирно-складывающимися — не менее 0,5—0,8.

При скреперовании в рудоспуск руды с размером кондиционного куска до 400 мм перекрытие рудоспуска выполняют в виде решетки грохота или железобетонной плиты с контрольной щелью, ориентированной длинной стороной поперек штрека и огражденной поручнем.

Скреперную лебедку необходимо устанавливать таким образом, чтобы в камере с одной стороны оставался проход шириною не менее 0,7 м для обслуживания лебедки, а с другой стороны — 0,6 м для ведения монтажных работ.

При безлюковой погрузке руды скреперными установками загрузку состава следует по возможности производить одновременно из нескольких соседних скреперных выработок, причем в этом случае длина вагона должна быть кратной расстоянию между скреперными выработками.

В процессе эксплуатации скреперной установки машинист осуществляет постоянный контроль за состоянием скрепера, лебедки, канатов, проверяет болтовые крепления, регулировку тормозных лент, наличие масла в редукторе. По окончании смены машинист должен подтянуть скрепер к рудоспуску, подвесить канат на специальные крючья, отключить двигатель лебедки, очистить лебедку от грязи и масла.

Еженедельно машинист и участковый электрослесарь производят ремонтный осмотр лебедки: вскрывают редуктор и проверяют состояние подшипников, зацепления зубчатых колес, уплотнений, тормозной ленты, выполняют регулировку и смазку сборочных единиц.

Текущий ремонт лебедки производят через 2—3 мес, капитальный — через 2—2,5 года.

Наиболее характерные неисправности скреперных лебедок, причины их возникновения, методы устранения приведены в табл. 7.4.

Вопросы для самопроверки

1. Начертите схемы скреперных установок с использованием двух- и трех- барабанных скреперных лебедок. Укажите на схемах основные сборочные единицы скреперных установок и объясните принцип работы скреперной установки.

2. Начертите кинематическую схему двухбарабанной скреперной лебедки и объясните принцип ее работы.

Т а б л и ц а 7.4

Неисправности скреперных лебедок и методы их устранения

Неисправность	Вероятные причины	Метод устранения
Двигатель включен, а венцы планетарных редукторов и барабаны неподвижны	Поломка зубчатых колес редуктора	Разобрать редуктор и заменить зубчатые колеса
Двигатель включен, а зубчатый венец и барабан одного из блоков не вращаются	Поломка зубьев солнечного колеса блока	Извлечь неисправный блок, разобрать и заменить солнечное колесо
Интенсивный нагрев корпусов редуктора привода и планетарных редукторов	Отсутствие или недостаточное количество масла в редукторах	Долить масло в редукторы
Лебедка не развивает необходимого тягового усилия	Износ тормозной ленты Наличие масла на поверхности трения зубчатого венца	Заменить ленту Устранить причины попадания масла под ленту. Протереть тормозную ленту и обод
Самопроизвольное сматывание каната с барабана, образование петли	Не отрегулировано притормаживающее устройство	Поджать пружину притормаживающего устройства

на канате		
-----------	--	--

3. Назовите основные конструктивные типы скреперов и укажите области их применения.

4. Изложите порядок эксплуатационного расчета скреперной установки.

8. РЕЛЬСОВЫЕ ПУТИ ЛОКОМОТИВНОГО ТРАНСПОРТА

8.1. Устройство рельсового пути

Рельсовый путь образуют две параллельно уложенные нитки рельсов, которые служат направляющими для перемещения подвижного состава локомотивного транспорта или канатной откатки.

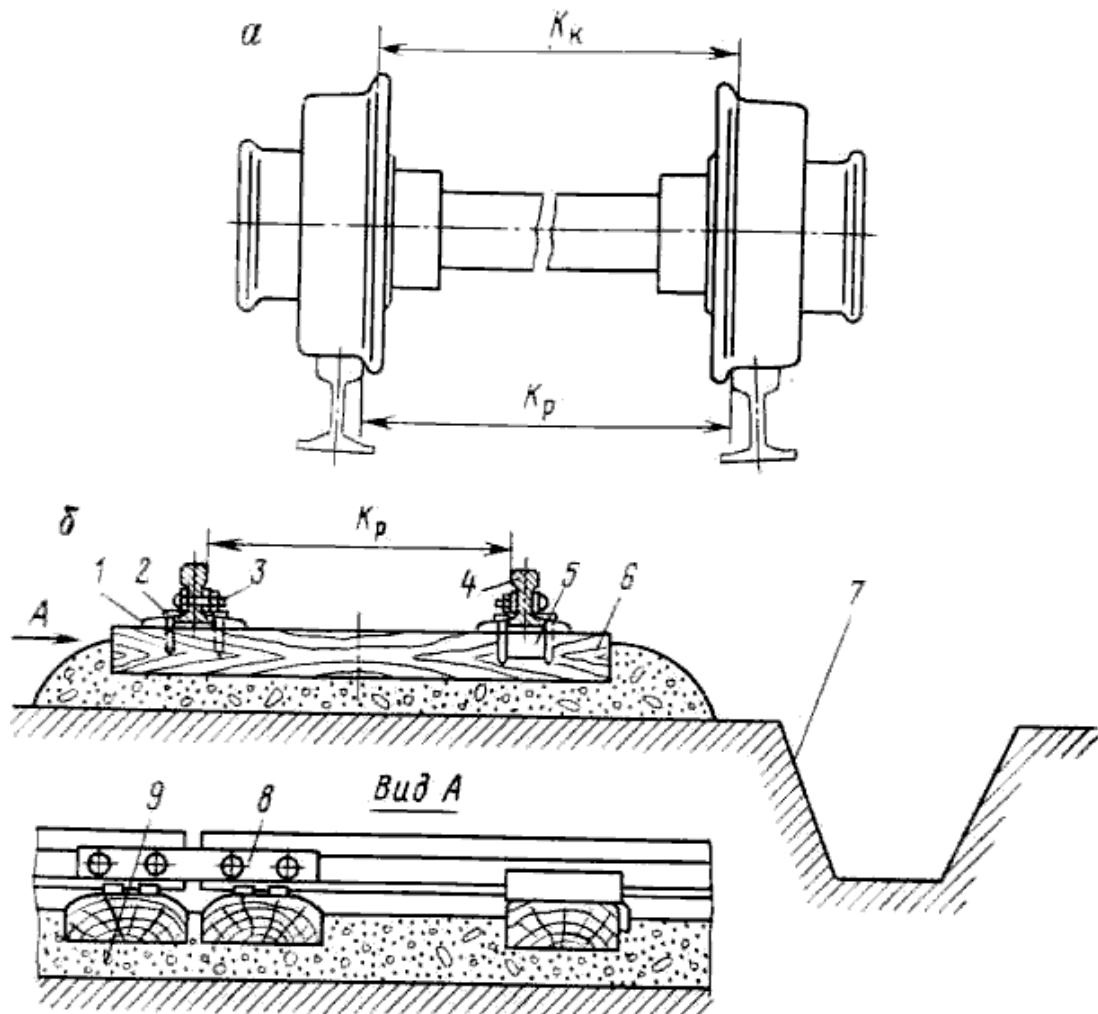


Рис. 8.1. Элементы рельсового пути: а — схема расположения колес вагонетки на рельсах; б — строение постоянного рельсового пути: 1 — подкладка; 2 — костыль; 3 — болт; 4 — рельс; 5 — противоугон; 6 — шпала; 7 — водоотводная канава; 8 — накладка; 9 — балласт

Основной параметр рельсового пути (рис. 8.1, а) — ширина рельсовой колеи K_p , определяемая расстоянием между внутренними гранями головок рельсов. На рудных шахтах применяют стандартную узкую колею шириной 600, 750 и 900 мм, на поверхности шахт на внешнем железнодорожном транспорте — широкую колею шириной 1520 мм.

Расстояние между наружными канатами колесных реборд, входящих внутрь колеи, называется шириной колесной колеи K_k , которая меньше рельсовой колеи на величину $\delta = K_p - K_k$, что исключает зажатие колес подвижного состава между рельсами.

Рельсовый путь (рис. 8.1, б) состоит из верхнего и нижнего строений. Верхнее строение включает в себя рельсы, элементы крепления рельсов между собой и закрепления их к шпалам, шпалы и балластный слой, а нижнее строение — подошвы выработки и водоотводную канаву.

Рельсы изготовляют из специальной термически обработанной стали. В зависимости от назначения применяют различные типы рельсов: Р-18, Р-24, Р-33, Р-38, Р-43 и Р-50 (цифры в обозначении — масса 1 м рельса в килограммах). Тип рельса выбирают исходя из наибольшей экономичности и наименьших затрат на содержание пути. Кроме этого при выборе

наименьшего, оптимального для данных условий эксплуатации, типа рельса учитывают нагрузку на ось подвижного состава и величину грузопотока.

Грузопоток, млн. т.....	<10	10—30	30—100	>100
Тип, рельсов.....	P-24	P-33	P-43	P-50

При откатке в вагонетках с кузовом вместимостью до 2 м³ на основных откаточных выработках и околоствольных дворах укладывают рельсы P-24, для вагонеток большей вместимости — P-33, P-38, P-43 и P-50. На вентиляционных и промежуточных выработках допускается применение рельсов P-18.

Вследствие ограничения условий спуска рельсов по шахтному стволу их поставляют отрезками длиной 6—8 м, которые затем соединяют с помощью накладок и болтов или сваркой. Сварные стыки, выполненные в шахтных условиях, допускающих проведение сварочных работ, повышают качество рельсового пути. Сварку стыков рельсов применяют для рельсовых путей со сроком службы не менее 5 лет.

С целью увеличения площади опорной поверхности рельсы укладывают на шпалы через подкладки. В основном применяют клинчатые подкладки, которые придают рельсам уклон внутрь колеи соответственно конусности поверхности качения колес подвижного состава, чем обеспечивается его большая устойчивость при движении.

Рельсы крепят к деревянным шпалам костылями, иногда шурупами, забиваемыми или завинчиваемыми в предварительно высверленные отверстия в шпалах, а к железобетонным шпалам — болтовыми соединениями или костылями, забиваемыми в деревянные пробки, уложенные в отверстиях шпал.

В рудных шахтах применяют деревянные и железобетонные шпалы, реже металлические (на проходческих работах).

Деревянные шпалы, изготовленные обычно из сосны, обладают хорошей эластичностью и высоким коэффициентом трения при взаимодействии с балластом. Они просты в изготовлении, дешевые и удобны при укладке и ремонте рельсовых путей. Основным недостатком деревянных шпал — малый срок службы (в шахтных условиях до 2—3 лет). С целью увеличения срока службы деревянных шпал до 8—10 лет их пропитывают различными антисептиками, например, хлористым цинком или фтористым натрием.

Железобетонные шпалы имеют значительно больший срок службы, чем деревянные, и обеспечивают меньшую трудоемкость по содержанию рельсовых путей. Они используются для стационарных рельсовых путей с большой интенсивностью движения. Недостаток железобетонных шпал — высокая стоимость, а также увеличенная жесткость пути, которая может быть снижена путем применения эластичных резиновых подкладок.

Металлические шпалы изготовляют обычно из отрезков швеллеров и применяют на переносных временных путях при проведении подготовительных выработок.

Балластный слой служит для увеличения площади давления от шпал на подошву выработки, смягчения ударов колес подвижного состава, выравнивания пути и предохранения шпал от сдвигания. Материал балласта должен быть упругим, несслеживающимся, не подвергающимся размоканию, хорошо пропускающим воду. В качестве материала для балласта применяют щебень твердых пород крупностью 20—60 мм и гравий крупностью 20—40 мм. Толщину балластного слоя выбирают в зависимости от несущей способности почвы выработки и интенсивности движения: при грузопотоках от 100 до 4000 т/сут толщина балластного слоя должна составлять не менее 100 мм, свыше 4000 т/сут — 150 мм.

Пространство между шпалами (шпальные ящики) засыпают балластом на $\frac{2}{3}$ толщины шпалы. Просвет между подошвой рельса и балластом должен быть не менее 30 мм.

Балластный слой укладывают на подошву выработки, которой для стока воды придают поперечный уклон 0,01—0,02 в сторону водоотводной канавы.

Рельсовые пути соединяют между собою стрелочными переводами, предназначенными для перевода подвижного состава с одного пути на другой.

Стрелочный перевод (рис. 8.2, а) состоит из двух подвижных перьев в сборе с рамными рельсами, переводного механизма, цельнолитой крестовины и переводных кривых. Два подвижных пера 1 соединены тягами с переводным механизмом 2. В одном из рабочих положений острие пера прижимается к одному из рамных рельсов 3. Крестовина 4, устанавливаемая в месте разрыва рельсов, состоит из сердечника, горловины и двух усювиков, образующих вместе с краями сердечника канавки для пропуска реборд колес подвижного

состава. Для предохранения от захода реборд колес в несоответствующие канавки крестовины устанавливают контррельсы 5. Соединительная часть стрелочного перевода включает прямые участки и переходные кривые.

Основными геометрическими параметрами стрелочного перевода являются геометрический центр O (точка пересечения осей прямого и бокового путей), угол α между этими осями, длина l , определяемая от стыка рамного рельса у остряков до стыка, расположенного за крестовиной. Угол перевода α характеризует марку перевода (марку крестовины).

Для шахтных условий применяют стрелочные переводы с крестовинами марок 1/4, 1/5, 1/7, реже 1/2 и 1/3. Чем больше марка крестовины, тем меньше длина стрелочного перевода (табл. 8.1) и тем труднее вписывание подвижного состава.

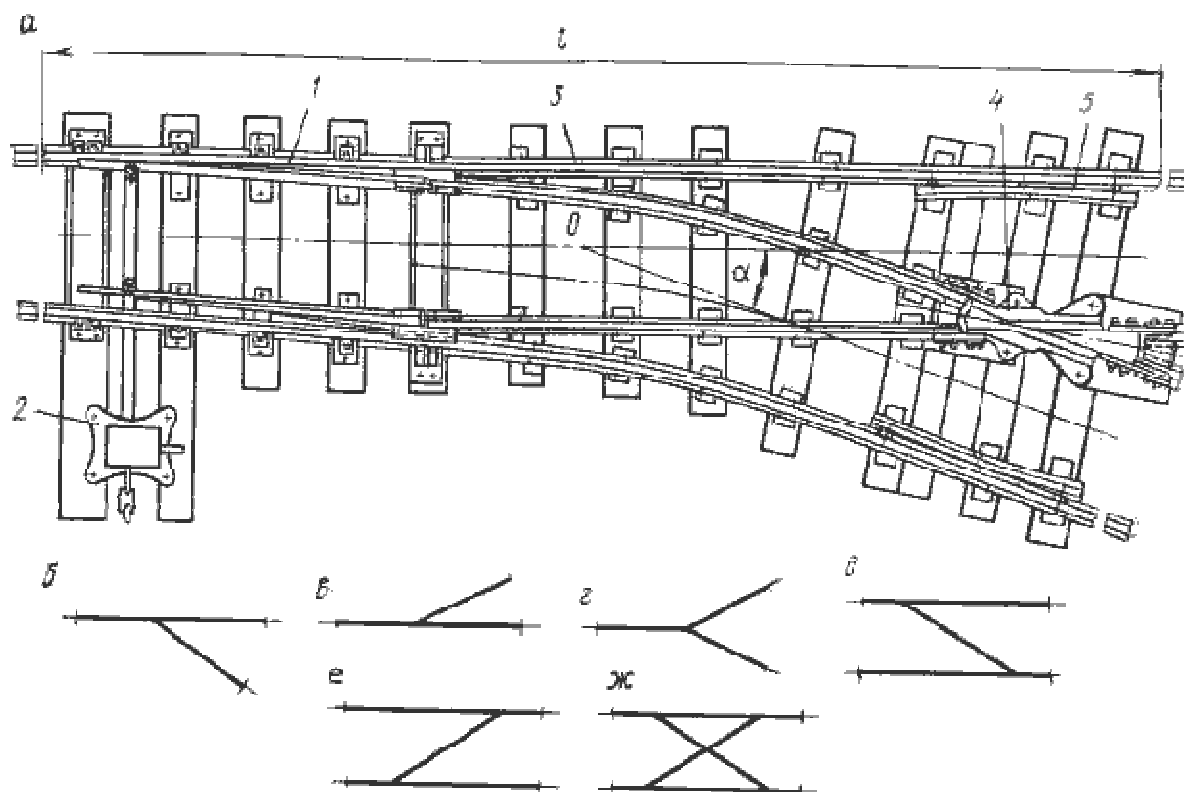


Рис. 8.2. Типы стрелочных переводов и съездов: а — устройство стрелочного перевода; б-г — переводы (б — односторонний правый; в — односторонний левый; г — симметричный); д-жс — съезды (д — односторонний правый; е — односторонний левый; жс — перекрестный)

Т а б л и ц а 8.1

Параметры стрелочных переводов

Тип и типоразмер	Длина, мм	Масса, кг	Тип и типоразмер	Длина, мм	Масса, кг
Односторонний:			Симметричный:		
ПО718-1/2-5П	3500	540	ПС718-1/2-8	4700	650
ПО718-133-8П	5600	640	ПС718-1/3-12	6250	730
ПО718-1/4-12П	7200	820	ПС724-1/2-8	4700	820
ПО724-1/2-5П	3350	710	ПС724-1/3-12	6250	920
ПО724-1/3-8П	5600	820	ЛС733-1/3-12	6900	1290
ПО724-1/4-12П	7250	1020	ПС733-1/4-20	7800	1440
ПО733-1/4-12П	8000	-	ПС-733-1/5-30	8600	1550
ПО733-1/5-20П	8800	1660	ПС924-1/3-20	5910	930
ПО733-1/6-30П	3300	1750	ПС924-1/3-12	5500	890
ПО924-1/5-20П	9850	1400	ПС933-1/3-20	6310	1350
ПО924-1/4-12П	8100	1700	ПС933-1/3-12	6010	1300
ПО933-1/5-20Л	10400	2050	ПС933-1/4-30	-	1500
ПО933-1/4-12Л	8700	1700			
ПО933-1/3-12Л	8500	1600			

Переводные механизмы стрелочного перевода выполняют с ручным или механическим дистанционным управлением. Стрелочные переводы с механическим управлением оборудуют электромеханическим, электромагнитным (соленоидным) или гидравлическим приводом. Управление стрелочными приводами осуществляет диспетчер с пульта управления или машинист из кабины локомотива путем передачи высокочастотных сигналов на реле пускателя электромагнитного стрелочного привода.

Применяют следующие типы стрелочных переводов: переводы односторонние ПО правого П или левого Л исполнения; переводы симметричные ПС; съезды С односторонние левые или; правые и перекрестные (рис. 8.2, б—ж). Каждому типу стрелочного перевода присвоено условное обозначение, например ПО933-1/3-20П: первые буквы — тип перевода, первая цифра трехзначного числа — ширина рельсовой колеи в дециметрах, две другие цифры — тип рельса, дробное число — марка крестовины, число после дроби — радиус переводной кривой в метрах, последняя буква — исполнение перевода (правое или левое).

8.2. Укладка рельсового пути

При проведении выработок вначале укладывают временный рельсовый путь без балластного слоя, а затем по мере продвижения подготовительного забоя, если выработка используется в качестве откаточной, — постоянный рельсовый путь в следующей последовательности.

В выработке наносят маркшейдерскую ось, по которой расставляют штыри через 10—15 м. Расстояние от оси рельсового пути до стенок выработки выбирают таким, чтобы свободное расстояние между стенкой и подвижным составом с одной стороны составляло 0,2—0,25 м, а с другой стороны (для прохода людей)—0,7 м. Свободное расстояние между встречными составами в двухпутной выработке должно быть не менее 0,2 м.,

На стенке выработки на высоте 1 м от головки рельсов закрепляют реперы. Затем выполняют планировку почвы, раскладывают шпалы и их концы равняют по шнуру. Число шпал на 1 км постоянного рельсового пути принимают в зависимости от сцепного веса локомотива: при откатке локомотивом со сцепным: весом 140 кН — 1700÷2000 шпал, для локомотивов с меньшим сцепным весом — 1500÷1700 шпал.

Стыки рельсов располагают на весу между сближенными шпалами или на сдвоенных шпалах (при использовании тяжелых локомотивов и большегрузных вагонеток). При соединении рельсов предусматривают зазор между их концами 3—4 мм. Рельсы закрепляют на шпалах и проверяют ширину рельсовой колеи по шаблону. Затем путь выпрямляют, засыпают между шпалами балласт, поднимают домкратами до проектного уровня и рихтуют, балласт подгребают под шпалы и подбивают его подштопками и подбойками сначала под рельсами, а затем под шпалами, которые заглубляют в балласт на $\frac{2}{3}$ их высоты.

Допускаются уширение рельсовой колеи относительно проектной не более чем на 4 мм, сужение — не более чем на 2 мм.

После подбивки балласта производят окончательную рихтовку пути, которая заключается в передвижке рельсовых ниток до придания им строгой прямолинейности. Затем проверяют ширину рельсовой колеи по шаблону, расположение головок рельсов на одном уровне контролируют ступенчатой рейкой, а уклоны — ватерпасом.

Если рельсовый путь предназначен для откатки контактными электровозами, то с целью уменьшения сопротивления рельсовых путей стыки рельсов соединяют между собой медными перемычками, а на стрелочных переводах устанавливают обходные электросоединители.

На главных откаточных выработках продольный профиль рельсового пути выбирают с таким уклоном в сторону околоствольного двора, чтобы сила сопротивления движению порожнего состава на подъем W_{zp} равнялась бы силе сопротивления при движении груженого состава на спуск W_{zp} . Такой уклон называют *уклоном равного сопротивления* $i_{p.c}$ и определяют из соотношения $W_{пор} = W_{zp}$ или

$$(P + zG_0) \cdot (w + i_{p.c}) \cdot g = [P + z(G + G_0)](w - i_{p.c}) \cdot g,$$

откуда

$$i_{p.c} = \frac{w}{1 + 2(P + zG_0)/G},$$

где P — масса локомотива, т; G_0 и G — масса соответственно вагонетки и перевозимого в ней груза, т; z — число вагонеток в составе; w — коэффициент сопротивления движению.

Обычно принимают $i_{p.c} = 0,003 \div 0,005$.

На закруглениях рельсовый путь укладывают по радиусу, регламентированному правилами безопасности. Для рельсового пути с колеями 600 мм принимают радиус закругления не менее 12 м, для колеи 750 и 900 мм — не менее 20 м. Для перемещения одиночных вагонеток с малой скоростью допускается радиус закругления, равный четырехкратной длине жесткой базы подвижного состава.

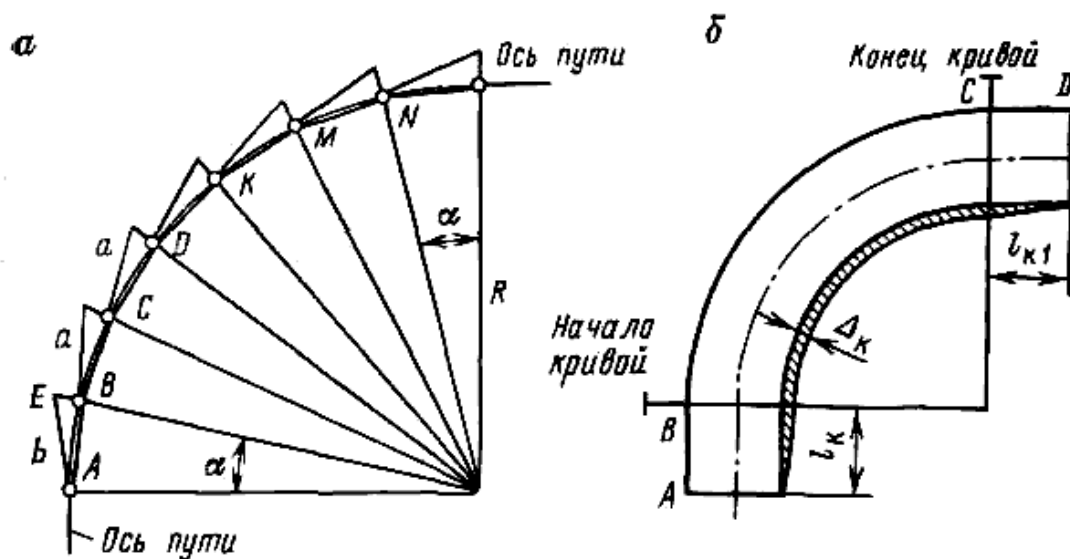


Рис 8.3. Схема укладки рельсового пути на закруглениях: а — разбивка криволинейного участка методом продолжения хорд; б — уширение рельсовой колеи

Разбивку оси криволинейного участка пути производят по методу продолженных хорд (рис. 8.3, а). Характерные точки (А, В, С и т. д.) на оси криволинейного участка определяют путем вытягивания мерной ленты (рулетки) по направлению предыдущей прямой на длину хорды b , равной 0,5; 1; 1,5 и 2 м, с последующим ее поворотом в сторону закругления на величину $a = b^2/R$.

Во избежание зажатия реборд колес подвижного состава между рельсами, а также с целью снижения сопротивления движению и износа колес на закруглениях производят уширение колеи (рис. 8.3, б) путем отодвигания внутреннего рельса к центру кривой на величину $\Delta_k = 5 \div 75$ мм (в зависимости от радиуса закругления и массы локомотива). На закруглениях на внутренней нитке кривой укладывают укороченные рельсы длиной (м)

$$L_{\text{вн}} = L_{\text{нар}} - \Delta L,$$

где $\Delta L = K_p L_{\text{нар}}/R$; $L_{\text{нар}}$ — длина рельсов, укладываемых на наружной, кривой, м; K_p — ширина рельсовой колеи, м.

Длина (мм) переходного участка $l_k = (100 \div 300) \Delta_k$.

Для компенсации центробежной силы и сохранения устойчивости подвижного состава внешний рельс приподнимают по отношению к внутреннему рельсу на величину $\Delta h = 15 \div 60$ мм, зависящую от скорости движения, жесткой базы и радиусов закруглений.

На закруглениях обе рельсовые нитки через каждые 2—3 м соединяют металлическими стяжками. С целью предотвращения схода подвижного состава на кривых с радиусом закругления рельсовых путей менее 12 м внутри колеи устанавливают контррельсы.

При укладке рельсового пути применяют различные путевые приборы, приспособления и инструменты, а также грузоподъемные устройства и передвижные краны на самоходном колесно-рельсовом шасси, монтажные агрегаты типа АМШ, оборудованные подъемной телескопической стрелой, монтажной лебедкой, устройством для демонтажа рельсового пути, сварочным постом и гидрофицированным инструментом.

Наиболее универсальными являются путевые машины, например, серийно выпускаемая гидрофицированная путевая установка ПГИ-2 и путеукладочный поезд ПП-750.

Установка ПГИ-2 (рис. 8.4) включает в себя перемещаемую электровозом тележку с кузовом, в котором установлена масло-станция, пульт управления и размещены путевые гидравлические инструменты: костылезабивщик, костылевывергиватель, кусачки, рельсогибочный пресс, рельсоверлильный станок, 2 гидродомкрата, 3 рихтовщика. Питание инструментов (кроме домкратов и рихтовщиков) производится от маслостанции по шлангам. Домкраты и рихтовщики имеют автономное питание. Кроме того, в комплект ПГИ-2 входит

бункер-вагон, предназначенный для транспортирования, дозированного рассыпания и разравнивания балласта. Недостаток установки ПГИ-2 — отсутствие подъемно-рихтовочного устройства, исключающего ручной труд на операциях по подъему, сдвигке и демонтажу рельсовых путей.

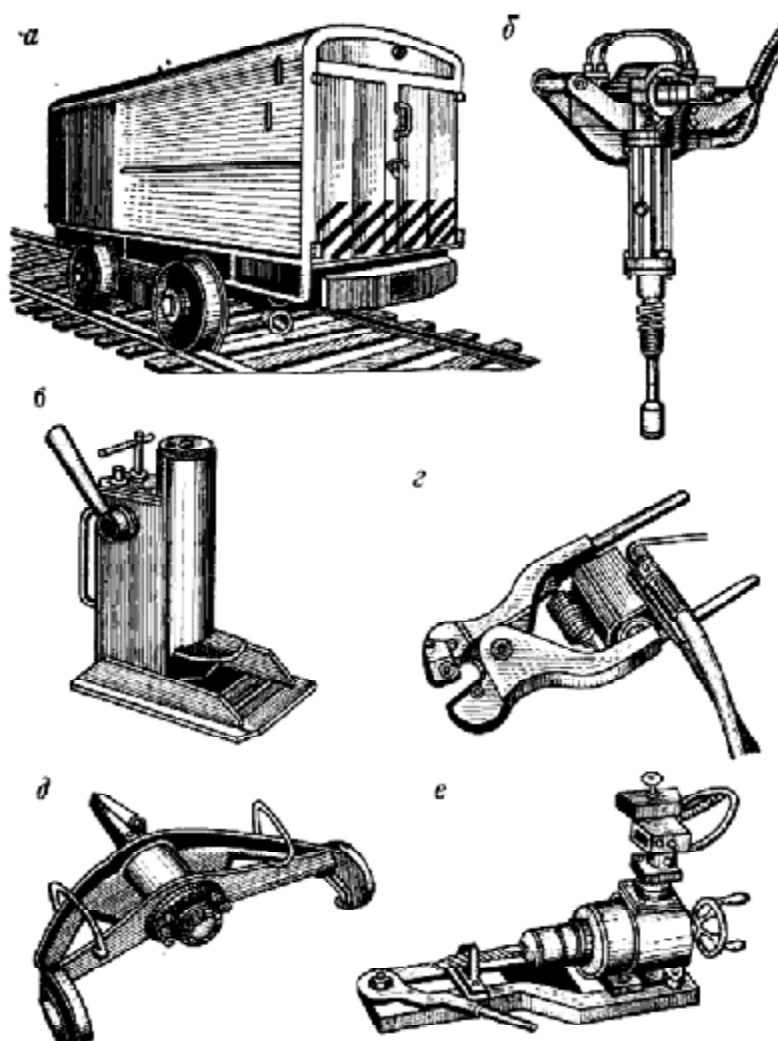


Рис. 8.4. Путевая установка ПГИ-2 с набором инструмента для путевых работ: *а* — передвижная установка; *б* — костылезабивщик; *в* — домкрат; *г* — кусачки; *д* — рельсогибочный пресс; *е* — рельсосверлильный станок

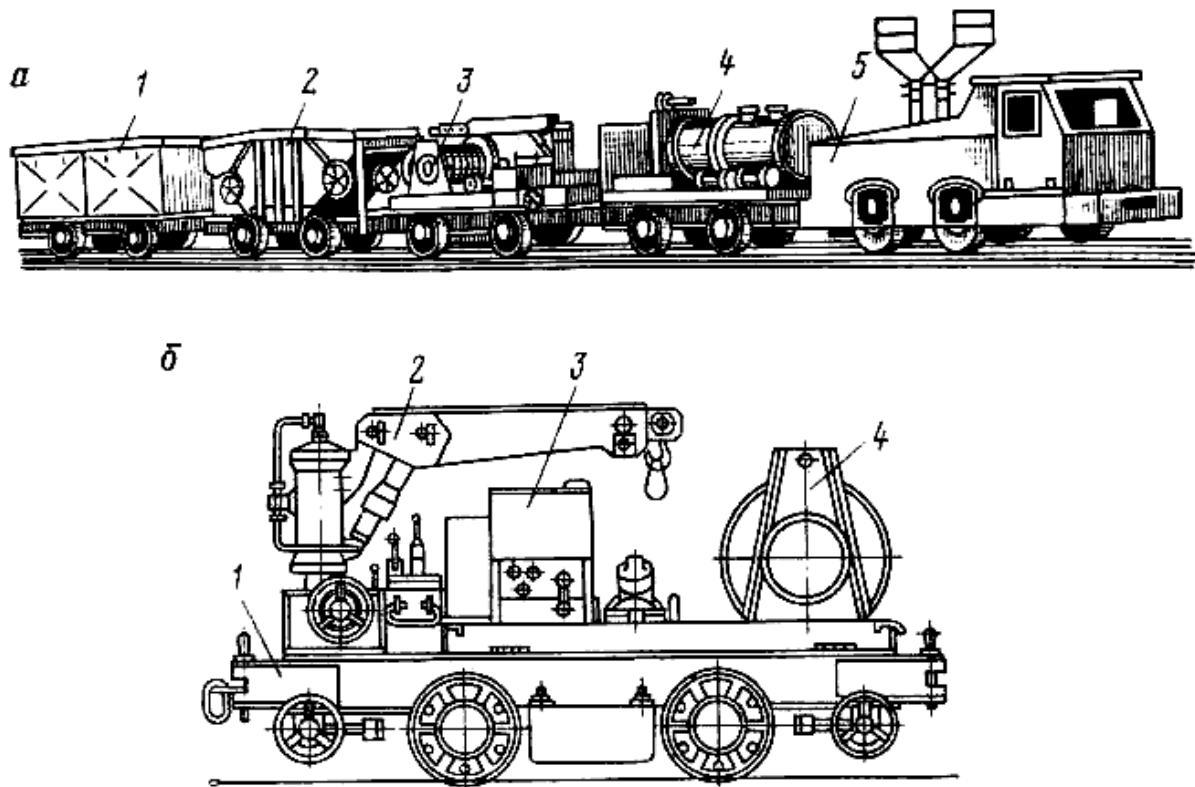


Рис. 8.5. Путьекладочный поезд ПП-750 (а) и путьевая машина МП-750 (б)

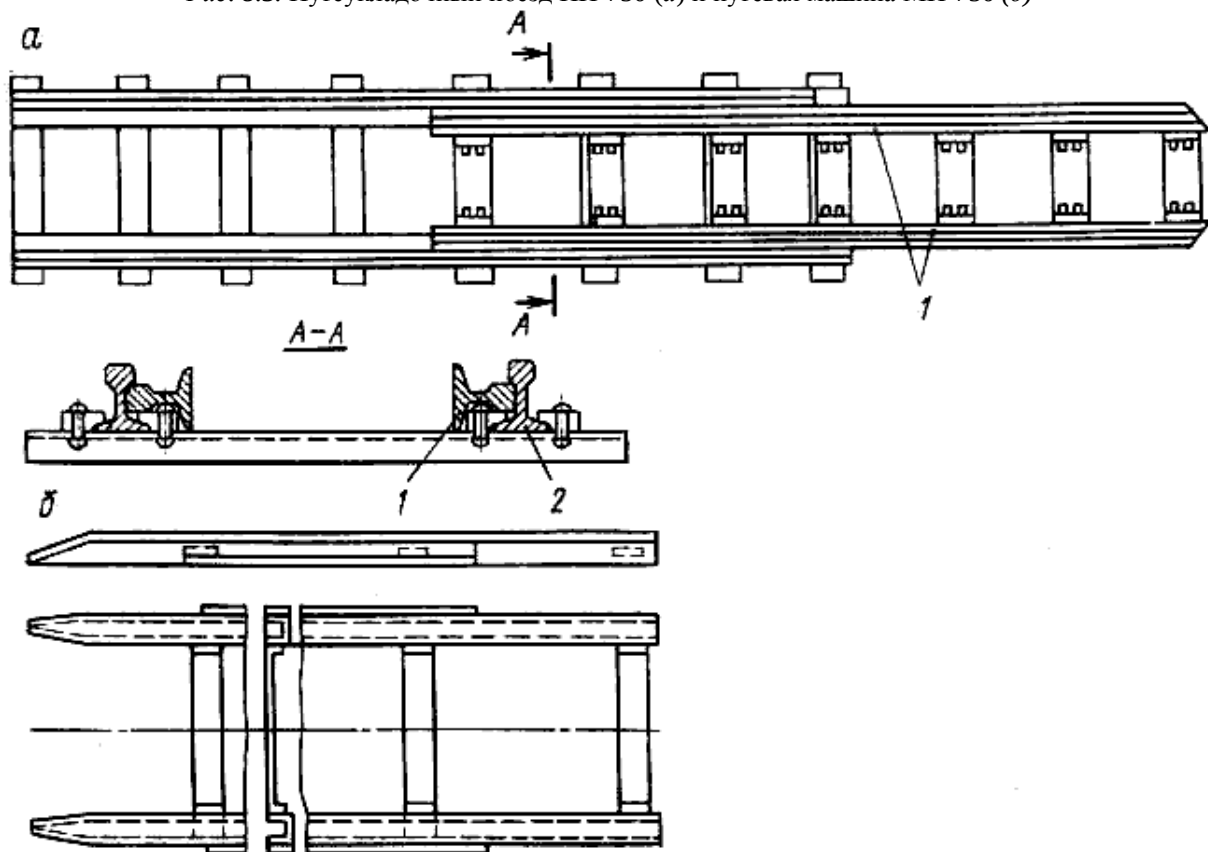


Рис. 8.6. Временные рельсовые пути: а — выдвижные рельсы; б — выдвижная рамка

Более совершенным по конструкции является путьекладочный поезд ПП-750 на колею 750 мм (рис. 8.5, а), в состав которого входит путьевая машина 3 типа МП-750, агрегат подъемно-рихтовочный 4 типа АРП-750, вагонетка 1 с путьевым инструментом, балластировочный вагон 2 и специальный контактный электровоз 5, оборудованный генераторной установкой для питания путьевой машины.

Путьевая машина МП-750 (рис. 8.5, б) состоит из ходовой части с платформой 1, на которой установлены грузоподъемное устройство 2 с телескопической стрелой, маслостанции 3 и кабельный барабан 4.

Подъемно-рихтовочный агрегат также состоит из ходовой части с рамой, на которой смонтированы два гидравлических цилиндра и рельсозахватные механизмы. Гидроцилиндры установлены шарнирно и могут поворачиваться независимо друг от друга в вертикальной плоскости на угол от 0 до 90°, что позволяет производить как вертикальный подъем, так и боковую сдвижку рельсошпальной решетки на расстояние до 500 мм.

Применение путеукладочного поезда позволяет механизировать примерно 80% всех операций на путевых работах в рудных шахтах и повысить производительность труда в 1,6—2 раза по сравнению с ручными путевыми работами.

Для проходки и очистки водоотводных канав применяют погрузчик ковшовый универсальный типа ПКУ, который укомплектован навесным сменным оборудованием (грейфером и крюком).

Очистку пути производят специальными путеочистительными машинами, рабочими органами которых являются барабан с резцами для рыхления слежавшегося штыба и щетки для подачи штыба сначала на скребковый конвейер, а затем в вагонетки. Питание машины осуществляется от контактной сети.

8.3. Путевое оборудование для проведения подготовительных выработок

При проведении подготовительных выработок применяют различное путевое оборудование. В качестве временных рельсовых путей, укладываемых непосредственно у забоя, используют отдельные переносные звенья — отрезки рельсов длиной 1—2 м, закрепленные на металлических шпалах, выдвижные рельсы или выдвижные рамки.

Выдвижные рельсы 1 (рис. 8.6, а) укладывают в повернутом положении внутри колеи ранее настланного пути — основных рельсов 2. Колеса погрузочной машины при погрузке породы перемещаются по шейкам выдвижных рельсов. После периодического выдвигания рельсов ковшем погрузочной машины на всю длину их поворачивают и устанавливают на шпалы, образуя обычную рельсовую колею.

Выдвижную рамку (рис. 8.6, б), изготовленную из стального проката, накладывают на рельсы. Колеса погрузочной машины перемещают по рамке. После полного выдвигания рамки вместо нее настилают отрезки рельсов.

Для обмена груженных вагонеток на порожние применяют стационарное путевое оборудование, устанавливаемое периодически через 50—100 м и более (тупиковые и замкнутые разминовки, горизонтальные и вертикальные вагоноперестановщики, поперечные тележки), и временное (передвижные накладные разминовки, накладные плиты и др.), располагаемое ближе к подготовительному забою и перемещаемое вслед за продвижением забоя.

Для сокращения времени обмена одиночных вагонеток применяют передвижные накладные разминовки (рис. 8.7), которые укладывают на основной рельсовый путь (без его нарушения) на расстоянии 15—20 м от подготовительного забоя. При проведении выработки это расстояние сохраняется благодаря периодическому перемещению разминки погрузочной машиной вслед за продвижением подготовительного забоя.

8.4. Эксплуатация рельсового пути

Эксплуатация рельсового пути осуществляется в соответствии с действующими в отрасли правилами безопасности и Инструкцией по эксплуатации и содержанию шахтных рельсовых путей.

Проверку рельсового пути в процессе эксплуатации, устранение мелких повреждений, а также текущие и капитальные ремонты выполняют специальные бригады (1—3 рабочих на 1 км пути).

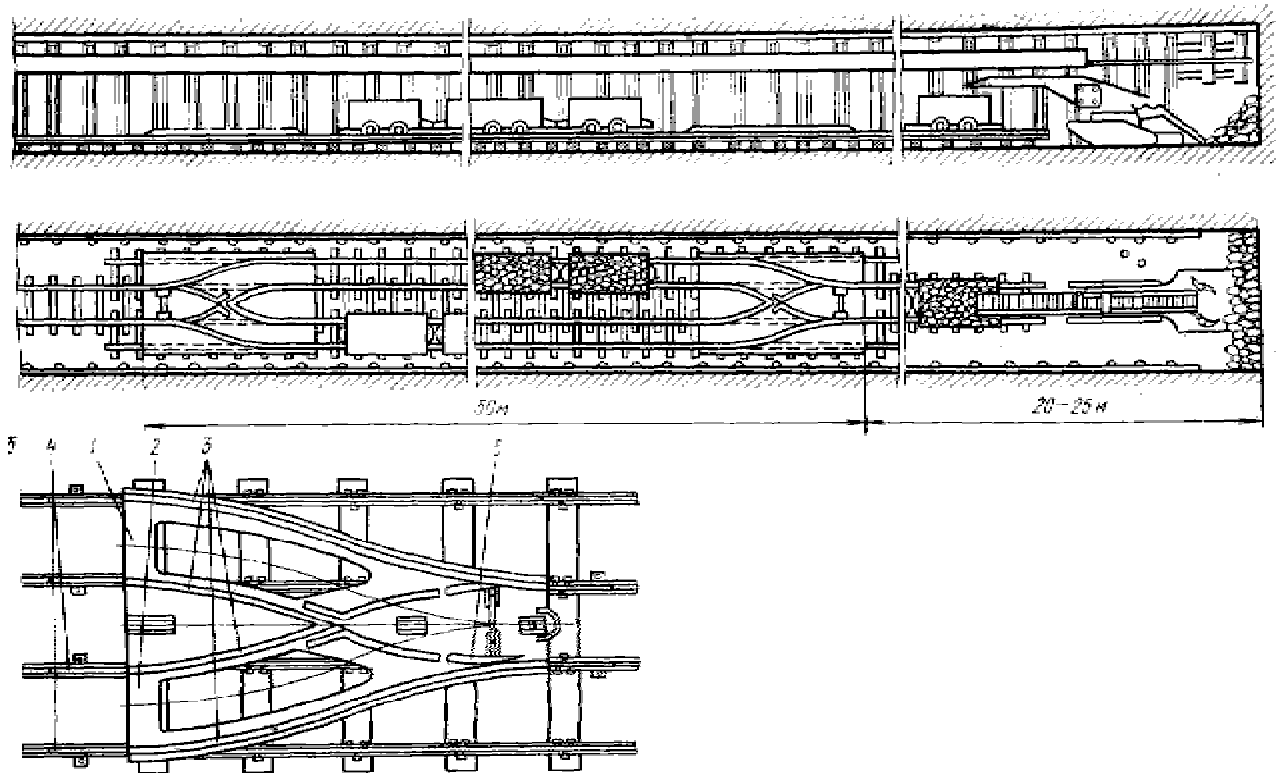


Рис. 8.7. Схема обмена вагонеток с помощью накладной разминовки (а) и элементы конструкции накладной разминовки (б): 1, 2 – плиты; 3 – головки рельсов; 4 – передвигаемые перья; 5 – неподвижные перья

В течение определенного времени эксплуатации элементы верхнего строения рельсового пути деформируются, происходят излом рельсов, выход из строя стрелочных переводов, шпал, уширение или сужение колеи. Бригады путевых рабочих выполняют текущий ремонт, заключающийся в выборочной замене шпал, рельсов, рихтовке отдельных участков пути, и капитальный ремонт — замену шпал на всем участке пути, замену изношенных рельсов и стрелочных переводов. Рельсы Р-24 заменяют при износе головок по высоте более 12 мм, Р-33 — более 16 мм, Р-38 — более 20 мм.

Запрещается эксплуатация стрелочных переводов: при сбитых, изогнутых или неплотно прилегающих к рамному рельсу остряхах; при замыкании стрелок с зазором более 4 мм между прижатым остряком и рамным рельсом; при отсутствии фиксации положения стрелок.

В откаточных выработках с целью обеспечения безопасности движения устанавливают путевые и сигнальные знаки — предупреждающие, указательные и запрещающие.

Состояние рельсового пути, зазоры и проходы в откаточных выработках проверяют: начальник внутришахтного транспорта или его заместитель — не реже одного раза в месяц; горный мастер — не менее двух раз в месяц.

При ведении путевых работ в соответствии с правилами безопасности необходимо: установить перед ремонтом сигнальные знаки с указанием номера пикета, начала и конца кривой, пересечения пути, ограничения скорости; установить световые сигналы на расстоянии не менее 80 м в обе стороны от места работы; отключить и заземлить контактный провод; применять только специальные инструменты и приспособления, предназначенные для ведения путевых работ.

Вопросы для самопроверки

1. Начертите поперечное сечение постоянного рельсового пути.
2. Опишите порядок укладки рельсового пути.
3. Начертите схему стрелочного перевода. Что такое марка крестовины?
4. Что называется уклоном рельсового пути равного сопротивления?
5. Какое путевое оборудование применяется при проведении горных выработок?

9. РУДНИЧНЫЕ ВАГОНЕТКИ

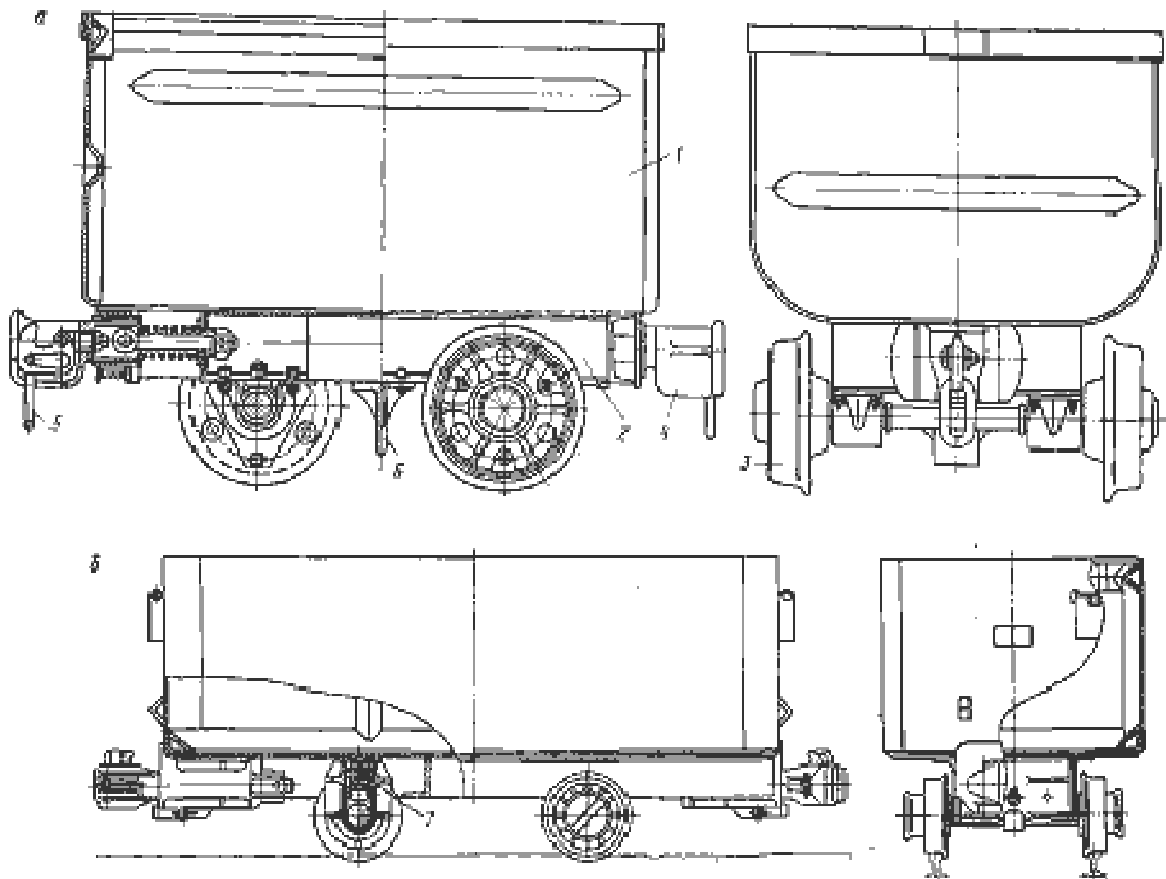
9.1. Типы рудничных вагонеток

По назначению рудничные вагонетки разделяют на грузовые — для транспортирования насыпных грузов, пассажирские — для перевозки людей, специальные вспомогательные — для транспортирования различных вспомогательных грузов, оборудования и др.

Грузовые вагонетки по конструкции кузова и способу разгрузки можно разделить на 5 основных групп:

- с глухим, жестко закрепленным кузовом (типа ВГ), разгружаемые в круговых опрокидывателях;
- с кузовом, шарнирно закрепленным на раме, и поднимающимся откидным бортом (типа ВБ), разгружаемые при наклоне кузова и подъеме борта;
- с глухим опрокидным кузовом (типа ВО), разгружаемые при опрокидывании кузова;
- с кузовом, снабженным откидными днищами (типа ВД и ВДК), разгружаемые через днище;
- с жестко закрепленным кузовом и донным скребковым конвейером (типа ВК), разгружаемые донным конвейером.

В рудных шахтах наибольшее распространение получили вагонетки типа ВГ с глухим кузовом (рис. 9.1), обладающие высокой прочностью и надежностью в работе. Недостаток их — способ разгрузки путем опрокидывания всей вагонетки, что требует наличия дополнительного механизма — кругового опрокидывателя. Вагонетки типа ВГ широко применяют для транспортирования горной массы по основным откаточным выработкам.



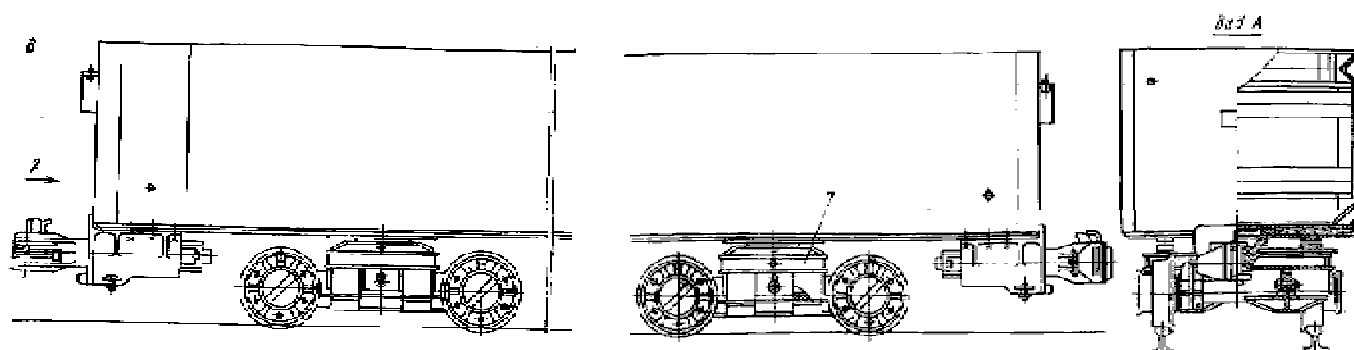


Рис. 9.1. Рудничные вагонетки типа ВГ с глухим кузовом

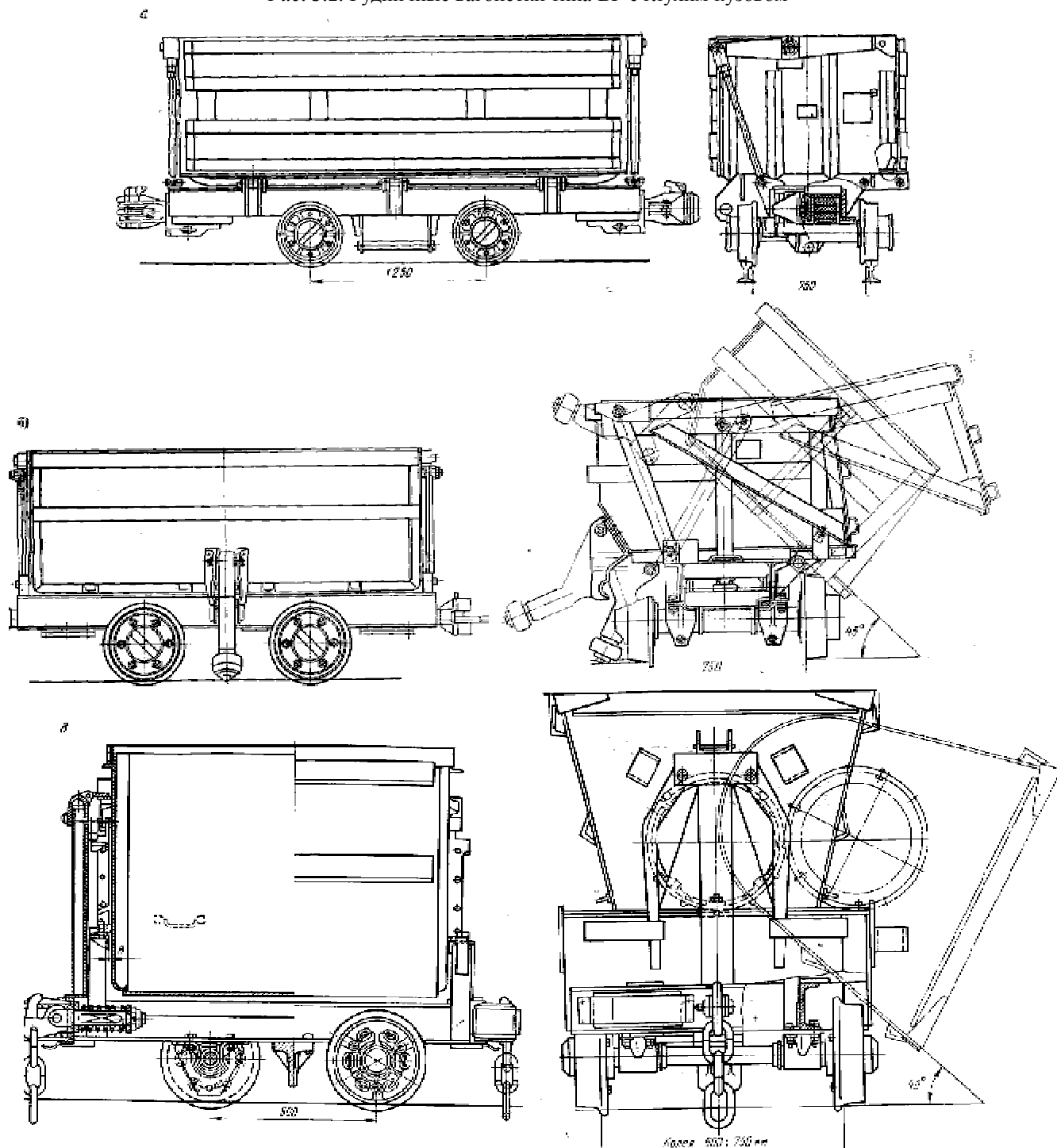


Рис. 9.2. Рудничные вагонетки типа ВБ с откидным бортом (а и б) с опрокидным кузовом (в)

Вагонетки типа ВБ имеют две конструктивные разновидности: с разгрузкой при помощи штокового опрокидывателя (рис. 9.2, а); с разгрузкой при наезде разгрузочного ролика на разгрузочную кривую (рис. 9.2, б). Кузов вагонеток типа ВБ сварной, состоящий из днища, двух торцовых и двух боковых стенок, одна из которых является откидной. Откидная стенка в верхней части крепится к рычажной системе вагонетки, образованной стойками и рычагами, а в нижней удерживается замыкающими роликами.

При разгрузке вагонеток с помощью штокового опрокидывателя рычажная система поднимает откидной борт, днище наклоняется, и горная масса высыпается в щель, образуемую между днищем кузова и приподнятым бортом. После разгрузки при опускании кузова рычажная система возвращает борт в исходное положение.

При разгрузке вагонеток путем протягивания локомотивом состава вагонеток через разгрузочное устройство (профильную шину) происходит следующее. При наезде ролика вагонетки на шину кузов наклоняется, одновременно приподнимается борт, соединенный с рамой и кузовом шарнирно-рычажной системой. При сходе ролика с шины кузов под действием собственного веса возвращается в исходное положение.

Преимущество вагонеток типа ВБ — относительно простая разгрузка, не требующая наличия опрокидывателей, недостатки — сложность конструкции, просыпь мелочи, большой коэффициент тары.

В вагонетках типа ВО (рис. 9.2, в) кузов опирается на раму секторами, на которых закреплены шипы. При разгрузке на любую сторону происходит перекатывание секторов по полкам с фиксацией шипов в отверстиях. В рабочем положении кузов фиксируется затвором, управляемым вручную. Преимущество вагонеток этого типа — возможность разгрузки в любом месте без опрокидывателя, недостатки — необходимость выполнения ручных операций, значительный коэффициент тары.

Вагонетки типа ВБ и ВО применяют на штольневых и промежуточных горизонтах рудных шахт для транспортирования горной массы на небольшие расстояния и при малых грузопотоках.

Технические характеристики грузовых вагонеток типа ВГ, ВБ и ВО, применяемых в рудных шахтах, приведены в табл. 9.1.

Т а б л и ц а 9.1

Технические характеристики грузовых вагонеток

Тип и типоразмер	Вместимость кузова, м ³	Грузоподъ- емность, т	Колея, мм	Длина по буферам, мм	Ширина кузова, мм	Высота головки рельса, мм	Жесткая база, мм	Диаметр колеса, мм	Масса, кг
С глухим кузовом:									
ВГ0,7	0,7	1,8	600	1250	850	1220	500	300	550
ВГ1,2	1,2	2,5	600; 750	1850	1000	1300	600	350	807
ВГ2,0	2	5	750; 900	3070	1250	1200	1000		1510
ВГ2,2	2,2	5,5	600; 750	2950	1200	1300			1450
ВГ4,5А__	4,5	13,5	750; 900	4100	1350	1550	1250	400	4200.
ВГ9А	9	27		8000	1800	1600	4000		8900
ВГ10А	10	30		7300					9500
С откидным бортом:									
ВБ1,6	1,68	5	600; 750	2950	1300	1300	1000		2030
ВБ4,0А	4	12	750	4740	1350	1550	1250		4700
С глухим опрокидным кузовом:									
ВО-0,4	0,4	1	600	1300	870	1250	400	300	490
ВО-0,8	0,8	2	600; 750	1900	1000		600	350	650

Вагонетки типа ВД с откидными днищами выполняют двух видов: с шарнирно закрепленным на кузове днищем с защелками, раскрывающимися при разгрузке вагонетки на рельсовых путях, и с шарнирно закрепленным на кузове днищем, на котором расположены колесные пары. Первый вид вагонеток применяют, в основном, на угольных шахтах, так как их сложно использовать для транспортирования крупнокузовых тяжелых грузов ввиду быстрого выхода из строя защелок откидного днища.

В вагонетках второго вида днище вместе с колесными парами шарнирно соединено с кузовом 1 вдоль его боковой стенки и полностью открывается при разгрузке в момент прохождения опорных лыж вагонетки по батареям стационарных роликов 4 (рис. 9.3). Опорные

лыжи закреплены на оси жестко. Подшипники качения расположены в буксах, на которые через резинометаллические амортизаторы опираются кузов и днище вагонетки. Кузов вагонетки выполнен таким образом, что в составе поезда торцовые стенки смежных вагонеток перекрывают друг друга, образуя секционный поезд и обеспечивая загрузку состава на ходу.

При проходе состава к разгрузочному устройству 2 в месте обрыва рельсовых путей электровоз и вагонетки за счет сил инерции перемещаются своими опорными лыжами по батареям стационарных роликов 4. При этом днище вагонетки постепенно открывается, а опорный ролик, смонтированный на днище, и колеса вагонетки перемещаются по криволинейной направляющей 3. После разгрузки вагонетки на ходу при дальнейшем движении опорного ролика по направляющей днище поджимается к кузову вагонетки, и ее колеса плавно переходят на рельсы.

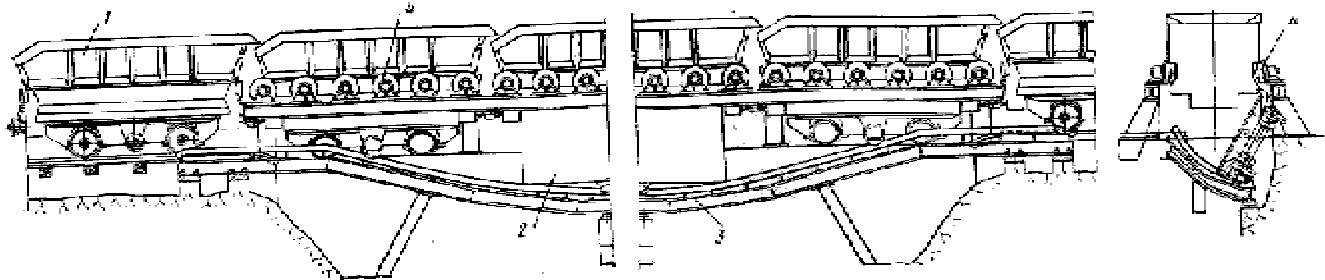


Рис. 9.3. Рудничные вагонетки типа ВД с откидным днищем

За рубежом вагонетки аналогичной конструкции типа ОК вместимостью от 3 до 10 м³ выпускает фирма АСЕА (Швеция).

Институтом ВНИПИрудмаш разработаны, созданы и внедрены вагонетки типа ВД-16 с откидным днищем и межкузовным перекрытием. Вместимость вагонетки 5,6 м³, грузоподъемность 16 т, скорость движения состава вагонеток по стационарным роликам разгрузочного устройства 0,8—0,9 м/с.

Новый тип вагонеток с откидным днищем обеспечивает загрузку и разгрузку состава на ходу, а в комплексе со средствами погрузки непрерывного действия (вибропитателями) позволяет осуществить проточную технологию перемещения горной массы от забоя до околоствольного двора, повысить производительность электровозной откатки в 2—3 раза и снизить себестоимость транспортирования руды в 2—2,5 раза.

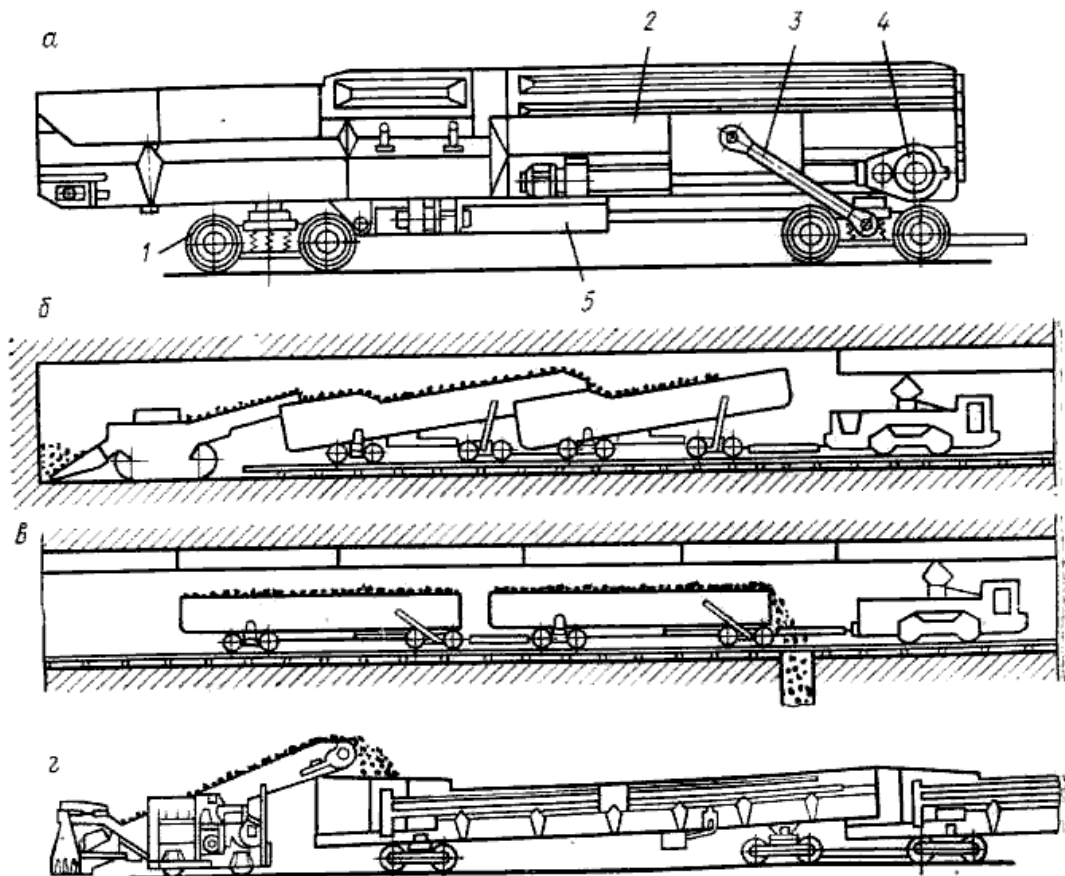


Рис. 9.4. Конструкция (а) и схемы работы бункер-вагонов отечественного (б и в) и фирмы «Хэглунд» (Швеция) (г)

Вагон с донным конвейером типа ВК (бункер-вагон) предназначен для приема, аккумуляции, транспортирования и разгрузки горной массы при проведении горизонтальных горных выработок. Бункер-вагон (рис. 9.4, *а*) состоит из кузова 2, установленного на тележках 1. В днище кузова встроены двухцепной скребковый конвейер, работающий от пневмо- или электродвигателей, подключаемых в местах погрузки и разгрузки. С передней тележкой кузов шарнирно соединен двумя рычагами 3, а с задней тележкой — горизонтальными шарнирами 4, которые позволяют поднимать и опускать кузов в вертикальной плоскости. С помощью гидроцилиндра 5, расположенного под днищем кузова, осуществляются подъем передней части кузова и его надвигка на заднюю часть кузова предыдущего вагона (рис. 9.4, *б*), чем обеспечивается равномерное заполнение горной массой всех вагонов, соединенных в поезд (бункер-поезд, образуемый из отдельных бункер-вагонов).

После загрузки вагоны опускают в транспортное положение, отказывают локомотивом и разгружают горную массу в рудоспуск поочередно из каждого вагона с помощью донного скребкового конвейера (рис. 9.4, *в*).

Преимущества бункер-вагонов — перемещение горной массы донным скребковым конвейером вдоль кузова большой вместимости, разгрузка вагонов без дополнительных механизмов, а также формирование из вагонов бункер-поезда вместимостью, обеспечивающей транспортирование всей горной массы, отбитой в подготовительном забое проводимой горной выработки за буровзрывной цикл.

Институтом ВНИПИрудмаш разработаны вагоны проходческие с донным конвейером типа ВПК-7Б и ВПKNЭ-7 на колею 600, 750 и 900 мм. Основным отличием этих вагонов является тип привода донного скребкового конвейера: пневматический — на вагоне ВПК-7Б и электрический — на вагоне ВПKNЭ-7. Параметры вагона: грузоподъемность 23 т; вместимость кузова 7 м³; длина без сцепных устройств 8900 мм; ширина 1350 мм; высота 1500—1650 мм; время разгрузки одного вагона 60—90 с.

Фирма «Хэглунд» (Швеция) выпускает бункер-вагоны со скребковым конвейером, расположенным в кузове наклонно. При этом переднюю часть вагона не приподнимают, а вводят в погрузочную (заднюю) часть предыдущего вагона (рис. 9.4, *г*).

Отечественные бункеры-поезда, состоящие из шарнирно соединенных секций с боковыми стенками и днищем, со скребковым конвейером, смонтированным в днище по всей длине поезда, не получили широкого распространения ввиду заклинивания и всплывания скребковой цепи при работе на закругленных участках и неровностях рельсового пути. Другой тип бункерпоезда, в котором вместо скребкового конвейера использовалась скреперная установка, расположенная на самом бункер-поезде, также не нашел промышленного применения ввиду громоздкости и небольшой эксплуатационной производительности.

9.2. Устройство и область применения вагонеток

Вагонетка типа ВГ (см. рис. 9.1, *а*) состоит из кузова 1, рамы 2, полускатов 3, буферов 4, сцепок 5 и подвагонного упора 6.

Кузов вагонетки выполняют сварным из стальных листов толщиной 4—8 мм с днищем полукруглой или прямоугольной формы. Для повышения жесткости кузов усиливают ребрами жесткости и наружной обвязкой. С целью увеличения долговечности и коррозионной стойкости кузова вагонеток изготавливают из низколегированных сталей.

Раму вагонетки также выполняют сварной. На ней крепят кузов, оси полускатов⁴, буфера и сцепки.

Оси полускатов в зависимости от вместимости кузова соединены с рамой вагонетки либо жестко (см. рис. 9.1, *а*), либо с помощью резинометаллических амортизаторов 7 (см. рис. 9.1, *б*, *в*), которые предназначены для снижения динамических нагрузок на ходовую часть при движении вагонетки по неровностям рельсового пути и стрелочным переводам, а также для равномерного распределения нагрузки от всех колес вагонетки на рельсы.

Буфера вагонеток выполняют жесткими литыми или эластичными с пружинными или резиновыми амортизаторами.

⁴ Устройство на оси, жестко закрепленной к раме вагонетки, два колеса смонтированы на шарико- или роликоподшипниках. В колесной паре колеса закреплены жестко на оси, концы которой установлены в подшипниках (буксах). В рудничных вагонетках обычно используют полускаты, в электровозах — колесные пары.

В зависимости от назначения вагонетки и вместимости кузова устанавливают звеньевые или автоматические сцепки, которые выполняются невращающимися или вращающимися. Вращающиеся сцепки обеспечивают возможность разгрузки вагонеток в круговых опрокидывателях без расцепки состава. Все сцепки имеют шестикратный запас прочности.

В вагонетках с кузовом небольшой вместимости применяют звеньевые сцепки 5 (см. рис. 9.1, *а*). Соединение вагонеток осуществляется вручную набрасыванием звена одной сцепки на крюк второй сцепки. В вагонетках с кузовом большой вместимости (см. рис. 9.1, *б*, *в*) применяют автоматические вращающиеся сцепки, обеспечивающие соединение вагонеток автоматически при их соударении.

Наиболее совершенными конструкциями являются модернизированные институтом ВНИПИрудмаш вагонетки с глухим кузовом типа ВГ4,5А, ВГ9А, ВГ10А и с откидным бортом ВБ4А, которые предназначены для транспортирования горной массы плотностью в насыпке до 3 т/м³. В этих вагонетках применены унифицированные полускаты (рис. 9.5, *а*), состоящие из двух колес 1, посаженных на ось 2 с помощью роликоподшипников. Уплотнение подшипников с внутренней стороны осуществляется лабиринтным кольцом 3, а с наружной стороны — крышкой 4.

В большегрузных вагонетках типа ВГ9А (см. рис. 9.1, *в*) кузов опирается на двухосные ходовые тележки (рис. 9.5, *б*) с помощью приваренных к днищу сферических опор 5. Тележка состоит из балки 6, шарнирно соединенных с ней боковин 7, полускатов 1 и резинометаллических амортизаторов 8. Благодаря такой конструкции ходовых тележек улучшаются условия прохождения вагонеток на неровностях и криволинейных участках рельсового пути.

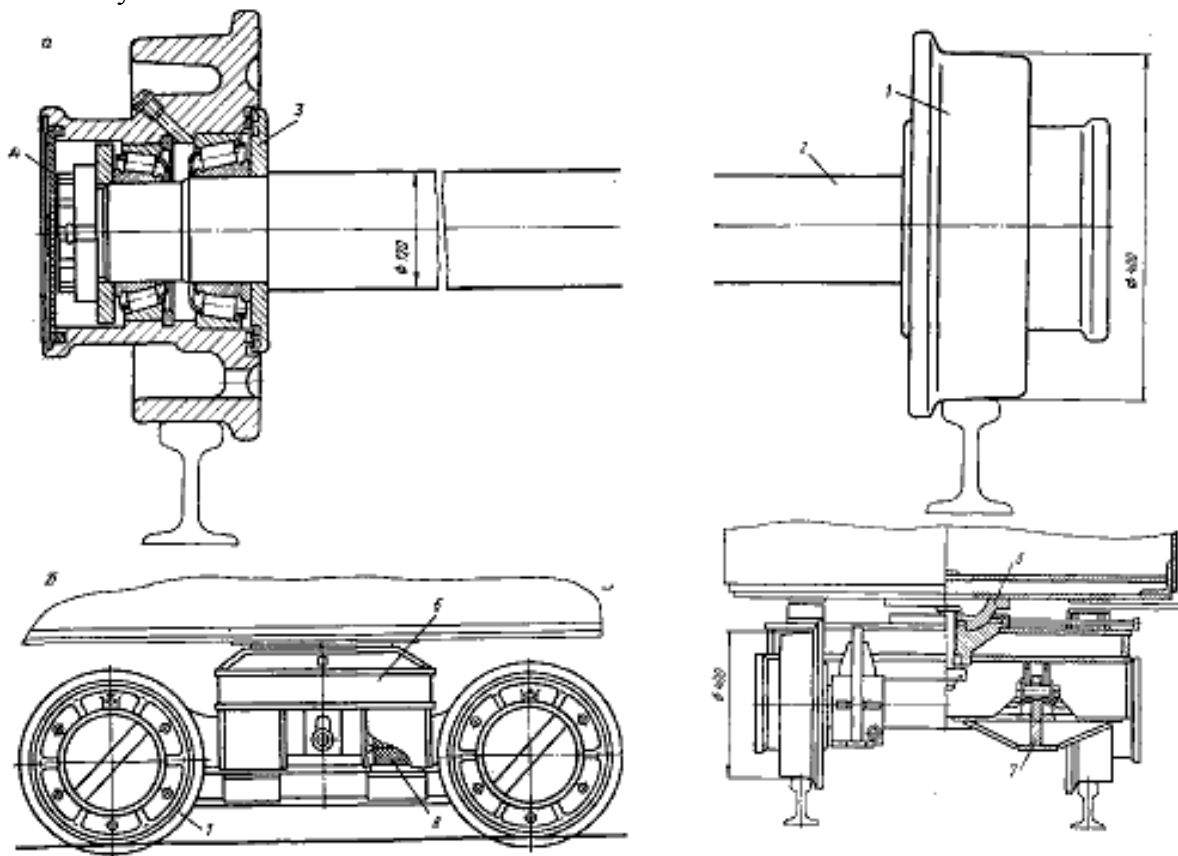


Рис. 9.5. Унифицированные полускаты рудничных вагонеток (*а*) и двухосная ходовая тележка вагонетки ВГ9А (*б*)

Вагонетки ВГ4,5А и ВГ9А оснащены автоматической или вращающейся звеньевой сцепкой.

Автоматическая вращающаяся сцепка (рис. 9.6, *а*) состоит из корпуса 1 в сборе, амортизатора 2 и фиксирующего устройства 3. В пустотелый корпус сцепки встроен замковый механизм. Амортизатор сцепки включает в себя две пружины: наружную, воспринимающую ударно-тяговые усилия, и внутреннюю, обеспечивающую центрирование корпуса автосцепки в осевом направлении.

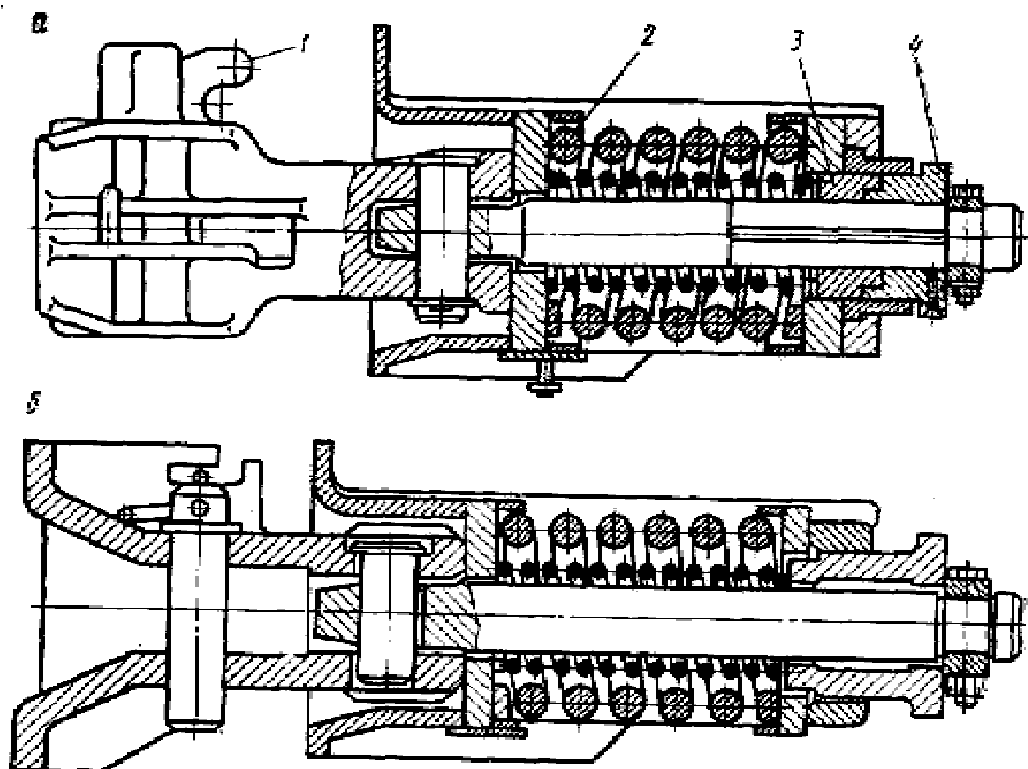


Рис. 9.6. Сцепки вагонеток: а — автоматическая вращающаяся; б — звеньевая вращающаяся

Фиксирующее устройство 4 состоит из двух кулачковых полумуфт, одна из которых поворачивается вокруг тяги, а другая — скользит по ней. Полумуфты под воздействием центрирующей внутренней пружины находятся постоянно в зацеплении и удерживают корпус автосцепки в фиксируемом осевом положении.

Сцепление вагонеток, оборудованных автосцепкой, происходит автоматически при их соударении, а рассоединение — при нажатии на рычаг механизма расцепления одной из сцепок. Разгрузка вагонеток, оборудованных вращающимися сцепками, осуществляется в круговых опрокидывателях без расцепки состава.

Звеньевая вращающаяся сцепка (рис. 9.6, б) аналогична по конструкции автосцепке.

Основные параметры вагонеток (см. табл. 9.1): вместимость кузова (указывается в метрах кубических после буквенного обозначения типа вагонетки); собственная масса; грузоподъемность; коэффициент тары (отношение собственной массы к грузоподъемности); удельное сопротивление движению; габариты; ширина колеи и жесткая база (расстояние между осями колес полускатов).

Тип и параметры вагонеток для конкретных рудных шахт выбирают на основании технико-экономических расчетов с учетом стоимости содержания вагонного парка, погрузочно-разгрузочных комплексов и других затрат. Критерий оптимальности — минимум приведенных затрат.

При выборе вместимости кузова вагонетки учитывают длину откатки и производительность рудника или горизонта (табл. 9.2). Кроме того, тип и вместимость кузова вагонеток для транспортирования насыпных грузов следует выбирать также с учетом сопрягаемого горно-шахтного оборудования (клетей, опрокидывателей, стопоры, толкатели и др.).

Таблица 9.2

Вместимость кузова рудничной вагонетки, м³

Вместимость кузова рудной или вагонетки, м						
Длина откатки, км	Годовая производительность рудника или горизонт, тыс. т					
	100	200	400	600	1000	≥ 2000
0,3	0,7	1,2	1,2	—	—	—
0,5			2,2	4,5	—	9—10
1	2,2	4,5			9—10	
2	1,2		—	—		—
3	—	—			—	
5	—	—	—	—	9—10	

9.3. Эксплуатация вагонеток

Поступающие на шахту вагонетки подвергаются тщательной проверке, снабжаются инвентарным номером и регистрируются в журнале ремонта.

Техническое обслуживание вагонеток, производят согласно графикам планово-предупредительных ремонтов, включающим ежесменное обслуживание, текущий и капитальный ремонты.

Ежесменно дежурный слесарь контролирует состояние реборд и обода катания колес вагонеток, сварных швов, буферно-сцепных устройств, надежность крепежных соединений и др. Юдин раз в месяц производят смазку сборочных единиц и деталей согласно карте смазки вагонеток, а также подтяжку и регулировку подшипниковых узлов ходовых колес.

В процессе эксплуатации вагонеток внутренние стенки и днище кузова необходимо своевременно и регулярно очищать от налипших частиц горной массы. Для очистки кузовов вагонеток применяют электро- и пневмовибраторы, гидромониторные устройства и различные механические приспособления ротационного и скребкового типов.

На рудниках, где необходима очистка вагонеток, применяют вибрационные очистные устройства, установленные на круговых опрокидывателях (для вагонеток типа ВГ). Главные преимущества виброочистительных устройств — их высокая производительность и совмещение процессов разгрузки и очистки вагонеток. Очистка осуществляется при переворачивании вагонетки и автоматическом прижатии вибратора к ее днищу. При правильном выборе частоты и амплитуды колебаний налипшие частицы отделяются от кузова.

При гидромониторной очистке налипшие частицы смываются струей воды при перевернутом или наклонном положении кузова. Преимущества такого способа очистки — полное устранение налипших частиц, отсутствие пыли, недостаток — необходимость специального места для очистки, отсутствие процесса очистки в технологической схеме обмена вагонеток, а также необходимость специального шламового хозяйства и др.

Механические приспособления для очистки вагонеток выполняют в виде вращающихся щеток или шарошек, различных скребковых устройств, вводимых внутрь кузова. Эти механические устройства разнообразны по конструкции, изготавливаются силами мастерских шахт и применяются при различных условиях эксплуатации. Механические устройства обеспечивают высокую степень очистки и хорошо вписываются в технологическую линию рельсового транспорта.

Текущий ремонт вагонеток, проводимый один раз в год, включает замену изношенных колес и подшипниковых узлов, деталей буферных устройств и сцепок, подварку разрушенных сварных швов.

Основной объем текущего ремонта вагонеток занимают сборка, разборка колес и правка кузова. Выполнение ремонтных работ производят с помощью специальных приспособлений для снятия, разборки и сборки колес и заправки их смазкой, различных винтовых и гидравлических устройств для восстановления деформированных кузовов и др.

Капитальный ремонт вагонеток, производимый ориентировочно один раз в два года, включает все работы текущего ремонта, а также замену отдельных сборочных единиц, окраску вагонеток.

Правилами безопасности по эксплуатации вагонеток при движении состава запрещается: расцеплять вагонетки; брать руду для анализа или для других целей в процессе движения вагонетки; перевозить людей в вагонетках; снимать или устанавливать по своему усмотрению стоп-сигналы; выполнять ремонт вагонетки, находящейся в опрокидывателе; эксплуатировать вагонетку с неисправными буферно-сцепными устройствами; транспортировать вагонетки с выступающими за габариты кузова кусками горной массы.

При сцеплении вагонеток, оборудованных звеньевыми сцепками, необходимо пользоваться специальным крюком, исключающим возможность попадания руки человека между буферами. Вагонетку, сошедшую с рельсов, необходимо устанавливать только с помощью самоставов или других подъемных механизмов.

Вопросы для самопроверки.

1. Дайте классификацию рудничных вагонеток по конструкции кузова и способу разгрузки.

2. Начертите схемы вагонеток типа ВГ, ВБ и ВО, укажите основные сборочные единицы и объясните их устройство.

3. Перечислите основные параметры вагонеток.

4. Изложите основные правила эксплуатации вагонеток и техники без опасности.

10. РУДНИЧНЫЕ ЛОКОМОТИВЫ

10.1. Классификация и область применения

Локомотивы, применяемые в подземных условиях, можно классифицировать по ряду основных функциональных и конструктивных признаков:

- по роду потребляемой энергии — на *электровозы*, работающие на постоянном или переменном токе промышленной или повышенной частоты, *дизелевозы*, работающие от двигателя внутреннего сгорания, и *гировозы*, работающие на энергии, запасенной вращающимся маховиком, установленным на локомотиве;

- по способу подвода энергии — на локомотивы с *автономным* источником питания (аккумуляторные батареи, двигатель внутреннего сгорания), с *внешним* источником питания (контактный провод или кабель) и *комбинированным* источником питания (контактно-кабельным или контактно-аккумуляторным);

- по исполнению с точки зрения взрывозащиты — на рудничное нормальное (РН), рудничное повышенной надежности (РП) и рудничное взрывобезопасное (РВ).

На отечественных рудных и угольных шахтах наибольшее распространение получили контактные электровозы в исполнении РН и аккумуляторные электровозы в исполнении РП и РВ, причем на абсолютном большинстве рудных шахт применяют контактные электровозы, а на отечественных угольных шахтах из всего электровозного парка более 70% приходится на долю аккумуляторных электровозов.

Область применения контактных и аккумуляторных электровозов в подземных условиях определяется действующими в горно-добывающей промышленности правилами безопасности (ПБ), а также конструкцией и исполнением электровоза.

На шахтах, не опасных по газу и пыли, целесообразно использовать только контактные электровозы, которые по сравнению с аккумуляторными проще по конструкции, дешевле и удобнее в эксплуатации, имеют большую мощность и скорость движения, меньший расход энергии. Недостаток контактных электровозов — искрообразование между контактным проводом и токоприемником, что не позволяет использовать их в шахтах, опасных по газу или пыли (большинство угольных шахт, шахты по добыче калийных руд). Неизолированный контактный провод является также источником электротравматизма и пожаров.

В шахтах I и II категорий по газу или опасных по пыли допускается применение контактных электровозов с двумя токоприемниками для уменьшения искрообразования в выработках, проветриваемых свежей струей воздуха. Во всех остальных случаях в шахтах, опасных по газу или пыли, применяют аккумуляторные электровозы в исполнении РВ. Допускается откатка аккумуляторными электровозами в исполнении РП 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 рудных шахтах, не опасных по газу и пыли, при небольшой годовой производительности горизонтов (до 100 тыс. т) и разработке жильных месторождений в технически обоснованных случаях допускается применение аккумуляторных электровозов. Однако аккумуляторным электровозам присущи такие существенные недостатки, как сложное и дорогостоящее хозяйство для зарядки и замены батарей, худшие технические показатели по сравнению с контактными электровозами. Их преимущества — взрывобезопасность, автономность питания и низкий электротравматизм.

Отечественной промышленностью серийно выпускаются контактные электровозы 4КР, 7КРМ1, К10, К14М, КТ14, КТ28 и аккумуляторные электровозы АК2У, АРВ7, АРП7, АМ8Д, 2АМ8Д, АРП10 и АРП14 (табл. 10.1). В обозначениях марок электровозов цифры, стоящие перед или после букв, указывают массу электровоза в тоннах, буквы КР — контактный рудничный, К — контактный (по типажному ряду), Т — с тиристорным управлением тяговыми двигателями, АРВ — аккумуляторный рудничный взрывобезопасный, АРП — аккумуляторный рудничный повышенной надежности, М — модернизированный. Обозначения ранее выпускаемых электровозов не соответствуют обозначениям новых электровозов согласно

типажному ряду, например, электровозы АК2У (аккумуляторный, массой 2 т, унифицированный) и АМ8Д (аккумуляторный, модернизированный, массой 8 т).

Т а б л и ц а 1 0 . 1

Технические характеристики рудничных электровозов

Тип	Масса, т (сцепно й вес, кН)	Габариты, мм			Жесткая база, мм	Часовой/длительный режим			Двигатель	
		длин а	шири на	высо та		сила тяги, кН	сила тока, А	скорос ть, км/ч	Тип	Мощн ость, кВт
Контактн ый: 4 КР	4 (40)	3120	1300	1515	900	<u>8,8</u> 3,8	<u>58</u> 33	<u>5</u> 8	ДТН12	2×12
7КРМ1	7,9 (79)	4600	1350	1500	1200	<u>16,8</u> 4,4	<u>152</u> 90	<u>12,2</u> 20	ДТН33	2×33
К10	10,6 (106)	4920		1650		1700		<u>18,5</u> 9,5		
К14М	14 (140)	5210			5800		<u>27</u> 14	<u>204</u> 122	<u>11,2</u> 13,6	ДТН4Б
КТ14		5800		<u>11,5</u> 14		ДТН45				
Аккумуля торный:										
АРВ7	7(70)	4200	1350	1450	1200	<u>9,5</u> 1,5	<u>116</u> 55	<u>7,5</u> 11,4	ДРТ12	2×10
АМ8Д	8,7 (87)	4515	1345	1415		<u>12,1</u> 25,5		<u>5,8</u> 11	ДРТВМ	2×13
АРП10Б	10,4 (104)	550	1060	1500	1400	<u>12,5</u> 2,6	<u>61</u>	<u>7,2</u> 13,8	ДРТ23,5	2×23,5
АРП14	13,4 (134)	5850	1350	1650	1650	<u>18,6</u> 4,6		<u>9</u> 18		

По данным технико-экономического анализа наиболее оптимальной конструкцией является электровоз с максимальной массой 14 т (или сцепным весом 140 кН). Увеличение сцепного веса и габаритов электровоза влечет за собой увеличение сечений откаточных выработок, а следовательно, капитальных затрат. Для вождения тяжеловесных составов без увеличения сечения откаточных выработок применяют электровозы, спаренные в единый агрегат, управляемый одним машинистом и состоящий из двух секций: например, контактный электровоз КТ28 состоит из двух электровозов КТ14, аккумуляторный 2АМ8Д — из двух АМ8Д.

За рубежом на рудных шахтах применяют контактные электровозы со сцепным весом от 50 до 450 кН, на крупных рудных шахтах — до 650 кН, а также комбинированные контактно-аккумуляторные электровозы со сцепным весом до 400 кН.

Сцепной вес электровозов выбирают в зависимости от производственной мощности рудной шахты:

Производственная мощность шахты,

млн т/год..... <0,2 0,2—0,5 0,5—1 1—3 ≥3

Сцепной вес электровоза, кН 70 70; 100 100 140 280

Для шахт, опасных по газу и пыли (в основном, для угольных шахт), разработаны другие типы локомотивов, исключающие использование дорогого аккумуляторного хозяйства. К ним относятся электровозы переменного тока повышенной частоты, дизелевозы и гирозы.

10.2. Конструктивное исполнение электровозов и их механическое оборудование

В состав контактных и аккумуляторных электровозов входят группы оборудования: механическое — рама с кабиной, ходовая часть, тормозная система, песочная система, рессорная подвеска, пневмооборудование; электрическое — тяговые двигатели,,

пускорегулирующая аппаратура, электрооборудование компрессора, токоприемник, источники питания и др.

Механическое оборудование контактных (рис. 10.1) и аккумуляторных (рис. 10.2) электровозов принципиально одинаковое. Отличие заключается в типе источника питания и способе подвода энергии.

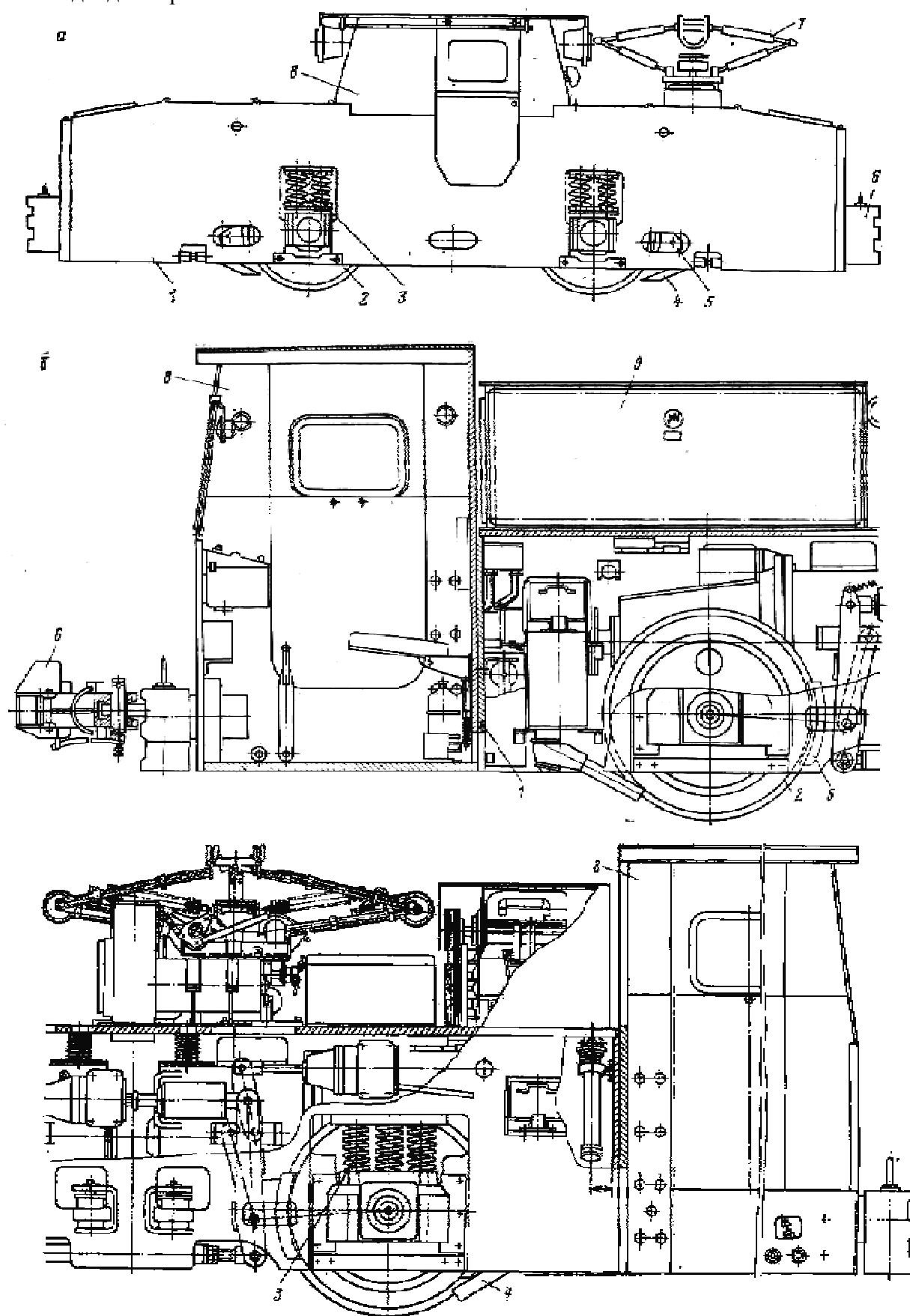


Рис. 10.1. Контактные электровозы К14М (а) и КТ14 (б): 1 – рама; 2 – колесная пара; 3 – рессорная подвеска; 4 – песочная система; 5 – тормозная система; 6 – сцепное устройство; 7 – токоприемник; 8 – кабина; 9 – блок тиристорной аппаратуры

Рама электровоза является основной несущей частью. Она выполняется разборной и состоит из двух боковин и двух поперечин, скрепленных между собой болтовым соединением. На торцевых стенках рамы закреплены буферно-цепные устройства. Электровозы оборудованы либо штыревыми сцепками, либо автоматическими с дистанционным управлением из кабины машиниста. Вес рамы составляет примерно 40% от суммарного сцепного веса контактного электровоза.

Кабину (или две кабины) машиниста электровоза располагают в конце рамы (или по концам) или в середине рамы.

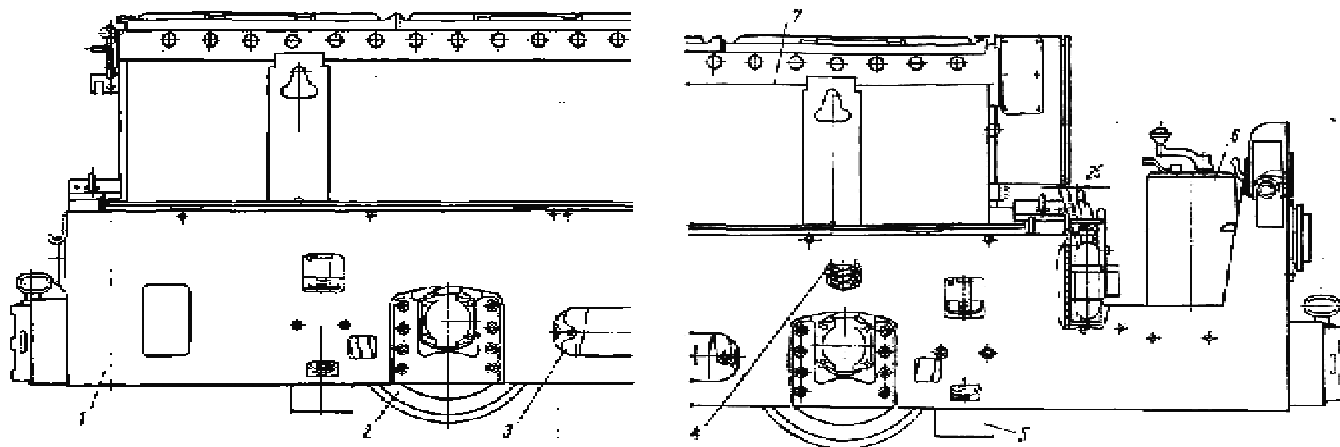


Рис. 10.2. Аккумуляторный электровоз АМ8Д: 1 — рама; 2 — колесная пара; 3 — тормозная система; 4 — рессорная подвеска; 5 — песочная система; 6 — контроллер; 7 — аккумуляторная батарея

Ходовая часть электровоза состоит из двух одинаковых по конструкции индивидуальных приводов (рис. 10.3, а), включающих в себя электродвигатель 1, редуктор 2, колесную пару 3, буксы 4 и подвеску двигателя 5.

Колесная пара электровоза (рис. 10.3, б) представляет собой ось 6, на которую напрессованы колесные центры 7 с бандажами 8 и зубчатое колесо 9, а также насажены два подшипника 10, на которые опирается корпус редуктора, эластично подвешенного на амортизаторах к балке рамы электровоза. Зубчатое колесо 9 колесной пары входит в зацепление с зубчатым колесом двухступенчатого цилиндрикоконического редуктора ходовой части электровоза. При движении электровоза корпус редуктора вместе с электродвигателем может поворачиваться (покачиваться) на подшипниках 10 относительно оси 6 колесной пары.

Букса (рис. 10.3, в) с двумя коническими роликоподшипниками является опорой надрессоренной части электровоза. Корпус буксы с подшипниками насажен на шейку оси 6 колесной пары и крепится к ней болтами.

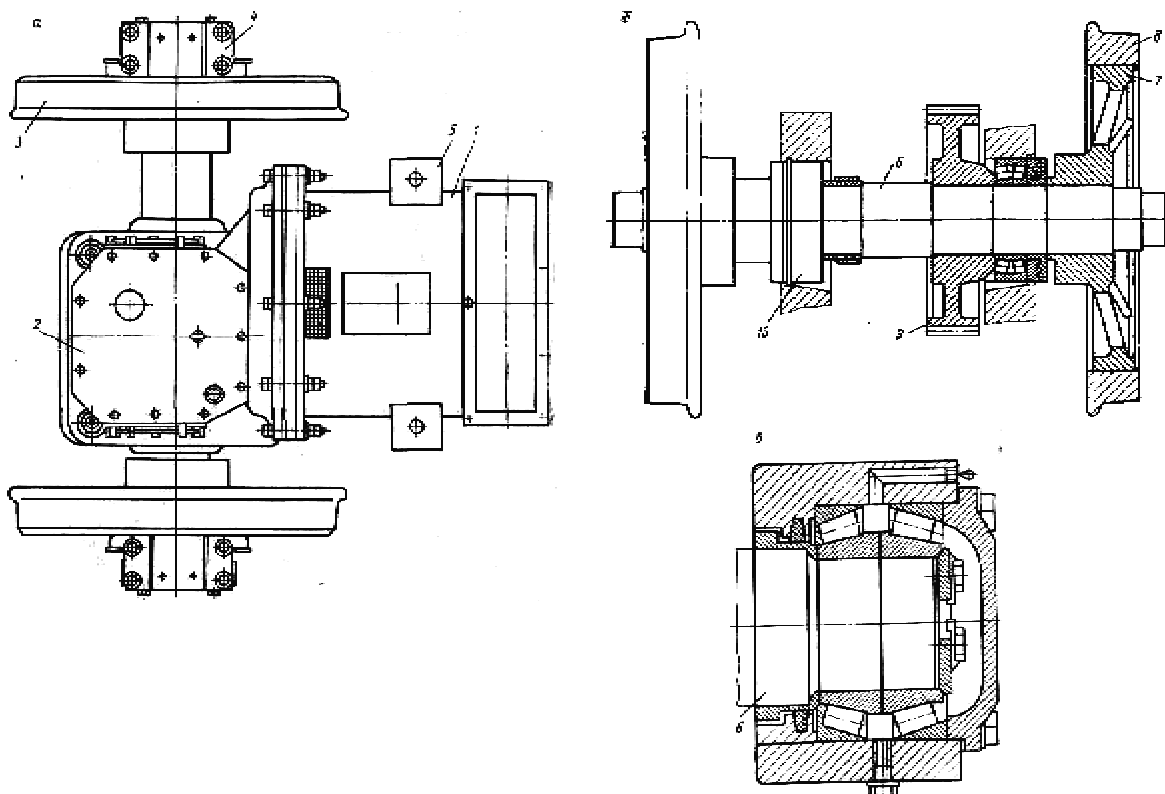


Рис. 10.3. Ходовая часть электровоза К14М: *а* — привод с колесной парой; *б* — колесная пара; *в* — букса

Рессорная подвеска рамы предназначена для смягчения и погашения ударов и толчков при прохождении электровоза по стыкам рельсов и стрелочным переводам, а также для более равномерного распределения сцепного веса электровоза на колеса. Применяют индивидуальную и балансирную системы рессорной подвески. При индивидуальной подвеске рама опирается на каждую буксу через индивидуальную рессору, а при балансирной подвеске отдельные рессоры объединены между собой продольными балансирами, благодаря чему происходит равномерное распределение сцепного веса на все колеса электровоза.

В качестве подвески используют резиновые, листовые и пружинные рессоры. Резиновые рессоры просты по конструкции, но имеют небольшую осадку, поэтому на отечественных электровозах не применяются. Листовые рессоры обладают высокой жесткостью и относительно большим начальным сопротивлением трению, но не отвечают санитарно-гигиеническим нормам.

На современных локомотивах применяют, в основном, более эластичную и компактную пружинную подвеску (рис. 10.4). Подвеска состоит из двух или трех пружин 1, расположенных между буксами 2 и рамой 3 электровоза. Крайние пружины 1 насажены на гильзы 4 с резиновыми амортизаторами 5, предотвращающими сжатие пружин до соприкосновения витков при резких ударах и толчках ходовой части. Для гашения колебаний параллельно рессорам устанавливают гидравлический или фрикционный стабилизатор (демпфер), состоящий из корпуса 6, конусной разрезной втулки 7 и корпуса 8. Гашение колебаний осуществляется за счет силы трения между корпусом 6 и втулкой 7, возникающей при деформации пружин 1. На электровозе К14М в пружинной подвеске установлен гидравлический гаситель, выполненный в виде гидроцилиндра с подпружиненным поршнем, в котором имеются отверстия для перетекания масла из подпоршневой камеры в камеру цилиндра, благодаря чему обеспечивается гашение колебаний при резкой деформации пружин подвески.

Электровозы оборудованы двумя тормозными системами — электрической и механической. Электрическое реостатное торможение является основным видом рабочего торможения. Механическое торможение используют для экстренной остановки электровоза или его затормаживания на стоянках. Механическая тормозная система включает в себя четырехколодочный тормоз с ручным, пневматическим или гидравлическим приводом⁵.

⁵ Возможна установка дополнительных рельсовых электромагнитных тормозов

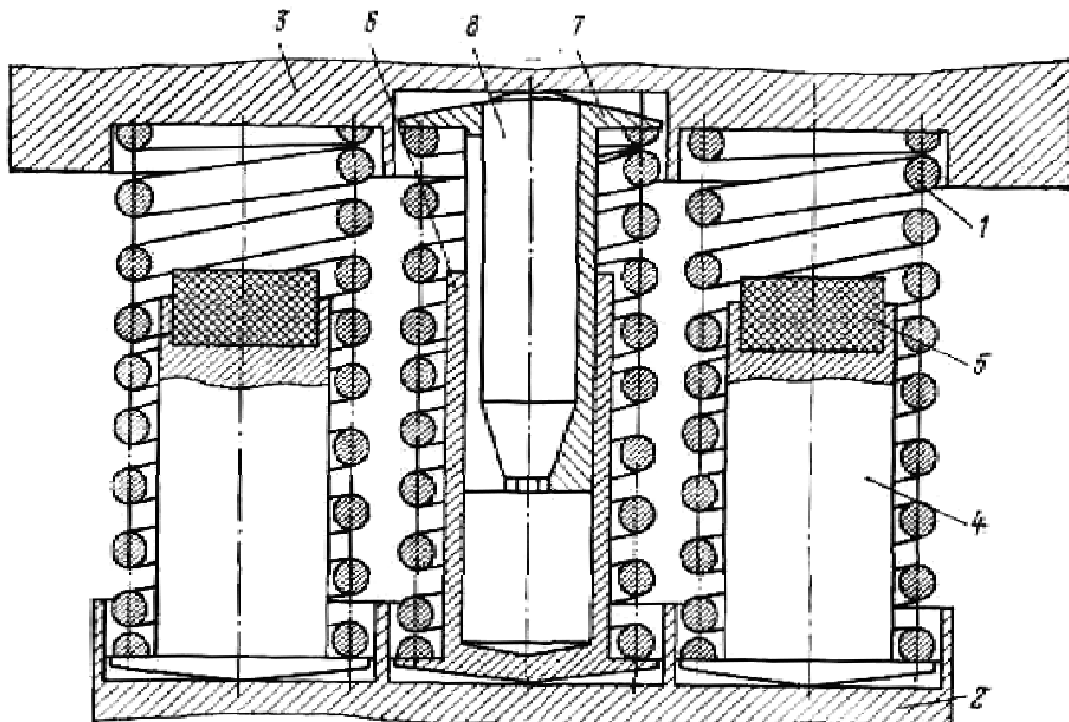


Рис. 10.4. Рессорная подвеска электровоза КТ14

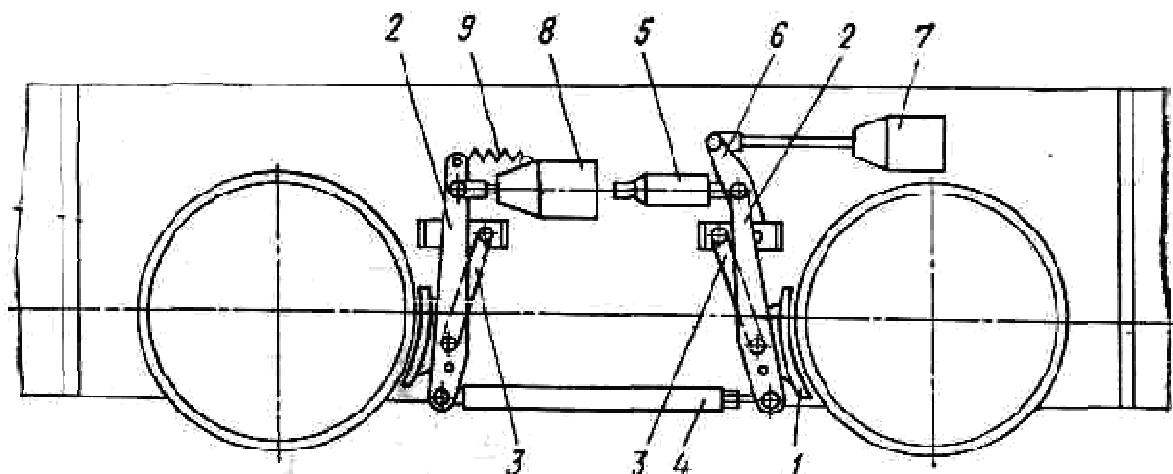


Рис. 10.5. Механическая тормозная система электровоза КТ14

Колодки тормоза прижимаются в момент торможения к бандажам колес электровоза через шарнирно-рычажную систему вручную через цепь и винтовую пару (на электровозах со сцепным весом 20—80 кН), пневматическими или гидравлическими цилиндрами (на электровозах со сцепным весом 100 кН и более).

Наиболее совершенная конструкция механического тормоза (рис. 10.5) электровоза КТ14 включает в себя четыре колодки 7, шарнирно закрепленные на рычагах 2. Последние также шарнирно соединены с рычагами 3, концы которых в свою очередь шарнирно соединены с рамой электровоза. Нижние концы рычагов 2 соединены между собой тягой 4, регулирующей зазор между колодками 1 и бандажами колес в процессе изнашивания колодок. Верхний конец правого рычага 2 шарнирно соединен с пружинным демпфером 5, а через рычаг 6 — со штоком пневмоцилиндра 7. Верхний конец левого рычага 2 шарнирно-соединен со штоком пневмоцилиндра 8. Пружина 9, закрепленная на рычаге 2 и корпусе пневмоцилиндра 8, предназначена для возврата штока пневмоцилиндра в исходное положение.

Принцип действия тормозной системы заключается в следующем: при подаче воздуха в пневмоцилиндр 7 шток через рычаг 6 сжимает пружину демпфера 5 и перемещает рычаг 1, обеспечивая тем самым отход колодок 1 от поверхности колес и растормаживание электровоза на стоянке. При движении торможение электровоза осуществляется путем подачи сжатого воздуха в пневмоцилиндр 8, обеспечивая через рычажную систему прижатие колодок 1 к поверхности колес электровоза. Регулирование силы прижатия колодок к колесам осуществляется регулятором давления воздуха, подаваемого в пневмоцилиндр 8. При выпуске

воздуха из пневмоцилиндра 8 колодки под действием пружины 9 отходят от колес, обеспечивая растормаживание электровоза.

Торможение электровоза на стоянках осуществляется путем выпуска воздуха из пневмоцилиндра 7 и прижатия колодок к колесам пружиной демпфера 5.

При необходимости экстренного торможения электровоза можно использовать обе системы торможения одновременно, подавая воздух в пневмоцилиндр 8 и выпуская воздух из пневмоцилиндра 7.

Установленные на некоторых типах тяжелых электровозов рельсовые электромагнитные тормоза позволяют увеличить тормозную силу. Тормоз такого типа представляет собой подвешенный к раме электровоза электромагнит постоянного тока с башмаком, взаимодействующим с головкой рельса при торможении.

Песочная система предназначена для принудительной подачи песка под колеса с целью увеличения коэффициента сцепления колес с рельсами и устранения буксования колес электровоза. Песочная система (рис. 10.6, *а*) состоит из четырех песочниц 1, расположенных с наружных сторон колес электровоза, и четырех загрузочных устройств 2, выполненных в виде желоба, закрепленного шарнирно в окне рамы электровоза и откидываемого наружу при загрузке песочницы 1. Внутри корпуса песочницы установлен рыхлитель (рис. 10.6, *б*), представляющий собой вал 3, на котором закреплены ребра 4. Поворот вала рыхлителя через храповой механизм 5 осуществляется машинистом из кабины через систему рычагов, соединенных шарнирно с рычагом 6. Разрыхленный песок через отверстие 7 поступает в камеру инжектора 8, предназначенного для подачи песка на рельс под колесо электровоза. Подача песка из камеры инжектора осуществляется сжатым воздухом, поступающим через отверстие 9 и разделяющимся на две струи, одна из которых, проходя через отверстие конфузора, разрыхляет песок в камере инжектора 8, а другая, проходя через отверстие 11, увлекает разрыхленный песок и через направляющую трубку 12 подает его на головку рельса. Засорившиеся отверстия 10 и 11 прочищают по мере необходимости через задвижку 13.

Контактные электровозы со сцепным весом 10 кН и более оборудованы пневмосистемой, которая питается сжатым воздухом от мотор-компрессора, автоматическое включение и отключение электродвигателей которого осуществляется с помощью регуляторов давления. Для выравнивания пульсации воздуха при работе компрессора в пневмосистеме предусмотрен воздухохранильник, от которого с помощью разделительных клапанов сжатый воздух под давлением 0,5—0,6 МПа поступает по рукавам к рабочим цилиндрам тормозной системы, песочниц, автосцепок с дистанционным управлением и токосъемника, а также к пневматическому сигналу.

В электровозах К10, К14М, КТ14 и КТ28 пневматическая и электрическая цепи заблокированы с дверями кабины электровоза. При открывании дверей автоматически отключается питание тяговых электродвигателей, и с выдержкой 3—5 с включается пневмопривод тормозной системы. Такая блокировка исключает возможность движения электровоза с открытыми дверями.

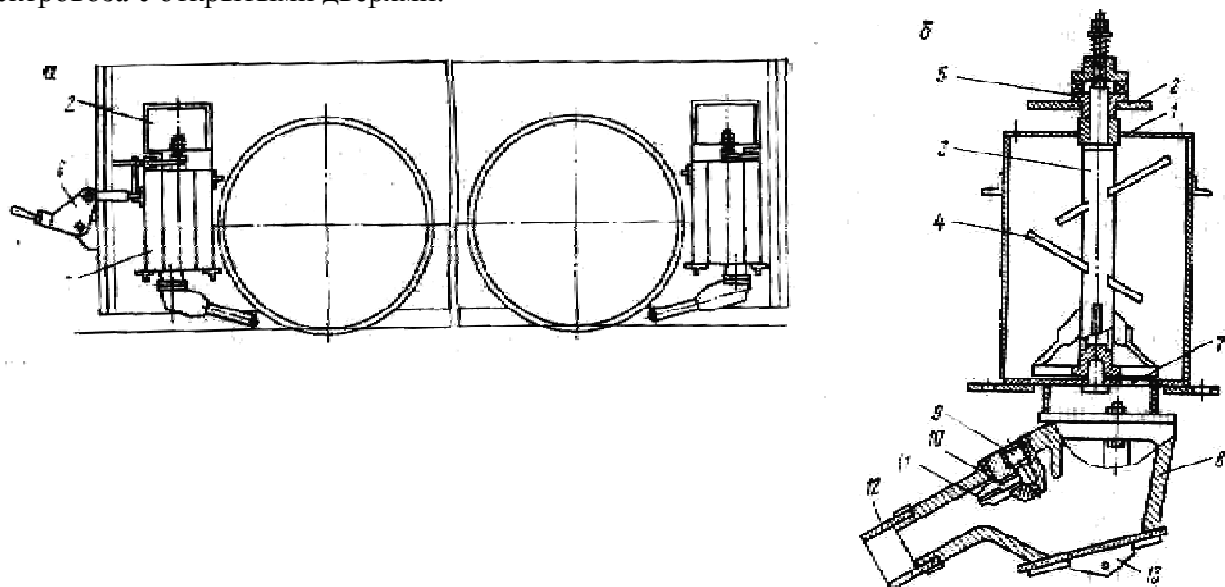


Рис. 10.6. Песочная система электровоза КТ14: *а* — схема установки песочниц; *б* — рыхлитель

Электровозы снабжены скоростемерами, которые обеспечивают визуальный контроль скорости движения и регистрацию пройденного пути независимо от направления движения электровоза.

10.3. Электрическое оборудование электровозов

Электрическое оборудование контактного электровоза включает в себя тяговые электродвигатели, электродвигатели компрессора и вентилятора, электромагниты пневмоклапанов, аппаратуру управления электродвигателями (пусковые реостаты и контроллер или устройство комплектное тиристорное), токоприемники, фары и сигнальные фонари, выключатель блокировки сиденья машиниста и др.

При реостатной схеме управления пуск электровоза, регулирование скорости его движения и тормозного усилия при динамическом торможении производится контроллером путем изменения сопротивления на различных позициях пускового реостата, включенного в цепь тяговых двигателей. Пусковые сопротивления состоят из отдельных элементов с большим удельным сопротивлением, выполненных, например, из фехраля.

Устаревшая реостатная схема управления тяговыми электродвигателями наиболее простая, но имеет такие существенные недостатки, как большие (до 20—30 %) потери энергии в сопротивлениях ввиду необходимости работы с пониженными скоростями на реостатных характеристиках, резкое изменение тока и силы тяги при переходе с одной пусковой позиции на другую, вследствие чего недоиспользуется сила сцепления колес электровоза с рельсами в период пуска. Неэкономичность реостатной схемы управления особенно ощутима в аккумуляторных электровозах ввиду ограниченной энергоемкости аккумуляторных батарей.

Электрическая схема электровоза обеспечивает управление тяговым электроприводом, вспомогательным электрооборудованием и выполняет следующие функции: плавный разгон и изменение скорости электровоза и ее стабилизации в пределах от минимальной до допустимой; реверсирование тяговых двигателей и электродинамическое торможение; автоматическое ограничение тока тяговых двигателей при их пуске, регулировании скорости; управление двигателем компрессора в функции давления воздуха в пневмосистеме; контроль температуры тяговых двигателей; защита электрооборудования от токов короткого замыкания; питание стабилизированным напряжением 24 В вспомогательного электрооборудования от аккумуляторной батареи при кратковременном отключении токоприемника от троллейного провода; управление токоприемником, песочницами, автосцепками и стрелочными переводами из кабины машиниста; блокировка рабочего места машиниста с отключением тяговых двигателей и др.

На электровозах применяют тяговые двигатели постоянного тока последовательного возбуждения, которые по сравнению с двигателями параллельного возбуждения обладают рядом преимуществ: большие перегрузочная способность и пусковой момент, меньшая чувствительность к колебаниям напряжения и др.

Основные параметры тягового двигателя можно определить по его электромеханической характеристике (рис. 10.7), представляющей собой зависимость силы тяги F на обода ведущих колес (взамен вращающего момента на валу двигателя), скорости движения электровоза v (взамен частоты вращения вала двигателя) и КПД η от тока двигателя I .

За номинальный режим работы тяговых двигателей принимают часовой режим, при котором допустимая температура нагрева обмоток двигателя достигается через 1 ч его работы. В характеристике двигателя указывают часовую силу тяги $F_{\text{час}}$, часовую скорость $v_{\text{час}}$ и часовой ток $I_{\text{час}}$. Длительному режиму соответствует такой ток $I_{\text{дл}}$, при котором допустимая температура обмоток двигателя достигается за неограниченно длительное время. Отношение $I_{\text{дл}}/I_{\text{час}} = 0,4 \div 0,45$ называется *коэффициентом вентиляции*.

Применяются три системы управления тяговыми двигателями электровоза — реостатная, безреостатная и тиристорно-импульсная.

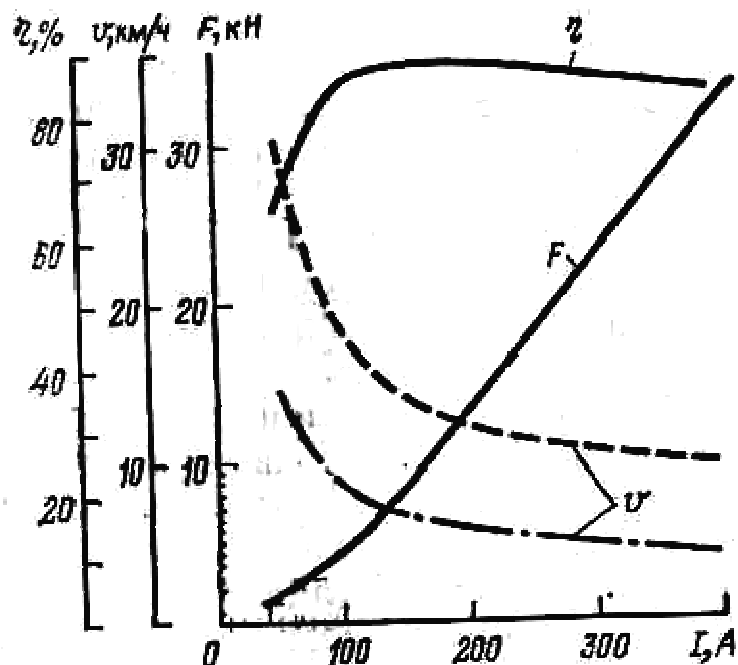


Рис. 10.7. Электромеханическая характеристика тягового двигателя электровоза К14М

В аккумуляторных электровозах используется безреостатная схема управления, основанная на принципе параллельного или последовательного включения равного числа элементов аккумуляторной батареи. Соответствующей комбинацией включения секций аккумуляторной батареи и тяговых электродвигателей обеспечивают напряжение на электродвигателях, составляющее 25, 50 или 100% от номинального. Например, при использовании аккумуляторной батареи из двух секций можно получить 5 безреостатных позиций (при реостатной системе — 2). При безреостатной системе управления (по сравнению с реостатной) снижаются потери энергии, однако сила сцепления колес электровоза с рельсами в период пуска реализуется неполностью.

В контактных электровозах КТ14 и КТ28 применена тиристорная система управления тяговыми двигателями, основанная на широтно-импульсной модуляции подводимого к электродвигателям напряжения. Эта система управления обладает рядом преимуществ: 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. Разгон, замедление и стабилизация скорости движения электровоза осуществляются автоматически.

В контактных электровозах КТ14 и КТ28 тяговые двигатели имеют повышенную длительную мощность и принудительную вентиляцию. Для этих электровозов разработана аппаратура автоматического управления с тиристорным регулятором, обеспечивающая: бесступенчатое задание скорости электровоза и ее стабилизацию в пределах от минимальной (0,6 м/с) до допустимой по технической характеристике (8 м/с); автоматическое ограничение тока тяговых двигателей при их пуске, регулировании скорости, перегрузках и торможении; блокировку движения электровоза при одновременном управлении из двух кабин; выдачу сигналов на управление электромагнитными рельсовыми тормозами и стрелочными переводами.

Система управления двумя спаренными электровозами (КТ28) на базе тиристорных преобразователей обеспечивает: управление электровозом одним машинистом из кабины ведущего электровоза; независимую работу двигателей в двигательном и тормозном режимах; независимое регулирование двигателей для перераспределения тяговых усилий с целью предотвращения буксования и улучшения тяговых и тормозных характеристик.

Съем тока с контактного провода осуществляется дуговыми токоприемниками (реже — штанговыми) с алюминиевыми контактными вставками, позволяющими уменьшить износ контактного провода. При наличии на электровозе одного токоприемника возникает искрение вследствие отрыва пути от провода при ударах на стыках рельсов. На современных конструкциях контактных электровозов устанавливают два токоприемника, независимо поджимаемые к проводу пружинами и позволяющие уменьшить искрообразование, так как в

случае нарушения взаимодействия одной из дуг с контактным проводом ток поступает по другой дуге, что исключает полный разрыв электрической цепи.

Источниками энергии для аккумуляторных электровозов являются тяговые щелочные никель-железные (ТНЖ и ТНЖШ) и никель-кадмиевые (ТНК) шахтные аккумуляторные батареи. Щелочные аккумуляторы по сравнению с кислотными свинцовыми аккумуляторами имеют больший срок службы, большие механическую прочность и выносливость в работе, просты в обслуживании и способны находиться длительное время в разряженном состоянии. Изготавливают батареи различной емкости типа 66ТНЖШ-350-У5, 112ТНЖШ-500-У5 и т. д. Условное обозначение аккумуляторной батареи расшифровывается следующим образом: цифры перед буквами — число последовательно соединенных элементов в батарее, после букв — номинальная емкость в ампер-часах; ТНЖШ — тип батареи (тяговая никель-железная шахтная); У — климатическое исполнение (для работы при температуре окружающей среды от -20 до $+45$ °С); 5 — категория климатического исполнения. Стандартные емкости аккумуляторных батарей — 300, 350, 500 и 550 А·ч.

Аккумуляторы монтируют в батарейных ящиках и соединяют между собой последовательно. Батарейный ящик сверху закрывают плотной крышкой, имеющей блокировку, которая позволяет открывать крышку только при снятой с электровоза батарее.

В батарейных ящиках во взрывобезопасном исполнении (РВ) для окисления выделяющегося из аккумуляторов водорода устанавливают катализаторы, состоящие из набора палладиевых элементов, а также целевые пакеты, предназначенные для разгрузки ящика от внутреннего давления в случае возникновения взрыва внутри ящика и обеспечения вентиляции надэлементного пространства батареи. Изменение концентрации водорода регистрируется автоматическим газоанализатором в диапазоне от 0 до 6% и фиксируется на световом табло в кабине машиниста.

10.4. Тяговая сеть, преобразовательные подстанции, гаражи

В комплекс откатки контактными электровозами входят преобразовательная подстанция и тяговая сеть, состоящая из контактного провода положительной полярности, рельсового пути отрицательной полярности, питающих и отсасывающих линий, оборудование для защиты и коммутации вспомогательной арматуры и др. От подстанции, преобразующей трехфазный ток шахтной сети в постоянный ток напряжением 250 или 600 В, электроэнергия по питающим кабелям подается в тяговую сеть, поступает через токоприемники электровоза к его тяговым двигателям и возвращается к подстанции по рельсам и отсасывающим кабелям. На отечественных шахтах напряжение постоянного тока в тяговой сети составляет 250 В, на шинах подстанции — 275 В.

Применяются две схемы электроснабжения тяговой сети: централизованная (рис. 10.8, а)—тяговая сеть одного или нескольких откаточных горизонтов питается от подстанции, расположенной в околоствольном дворе; децентрализованная (рис. 10.8, б)—тяговая сеть разбита на участки, каждый из которых питается от отдельной подстанции. Централизованную систему питания используют при небольшой длине откатки, децентрализованную — при большой длине откатки, что снижает падение напряжения в тяговой сети и повышает надежность работы электровозной откатки.

Для удобства обслуживания и надежной работы тяговой сети при большой длине откатки контактный провод разделяют секционными выключателями на отдельные участки (секции) длиной 500 м, питание к которым подводят по отдельным кабелям. В двухпутных выработках провода соединяют между собой параллельно и устанавливают выключатели (разъединители) на каждом контактном проводе.

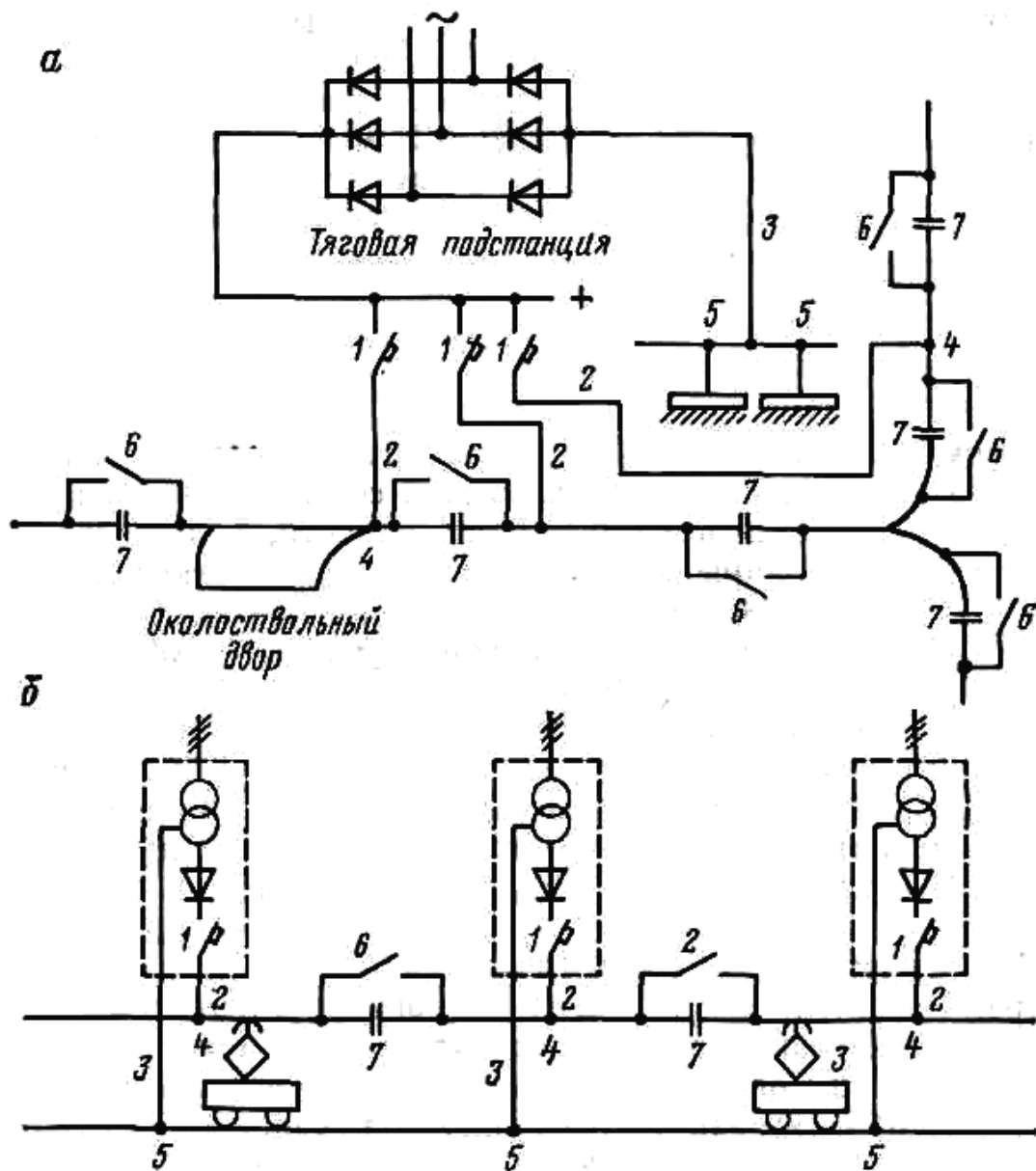


Рис. 10.8. Схемы питания тяговой сети: а — централизованная; б — децентрализованная; 1 — максимальный автоматический выключатель; 2, 3 — соответственно питающий и отсасывающий кабели; 4, 5 — соответственно питающий и отсасывающий пункты; 6, 7 — участковые соответственно выключатель и изолятор

Форма сечения контактного провода, изготовляемого из меди, обеспечивает удобство его подвески (рис. 10.9, а). Типовой контактный провод имеет площадь поперечного сечения 65, 85 и 100 мм². Контактный провод сечением 65 мм² применяют при плечах откатки не более 1 — 1,5 км и небольшом числе электровазов (от 1 до 3), работающих на этом участке. При больших длинах откатки и большем числе электровазов применяют контактный провод сечением 85 или 100 мм².

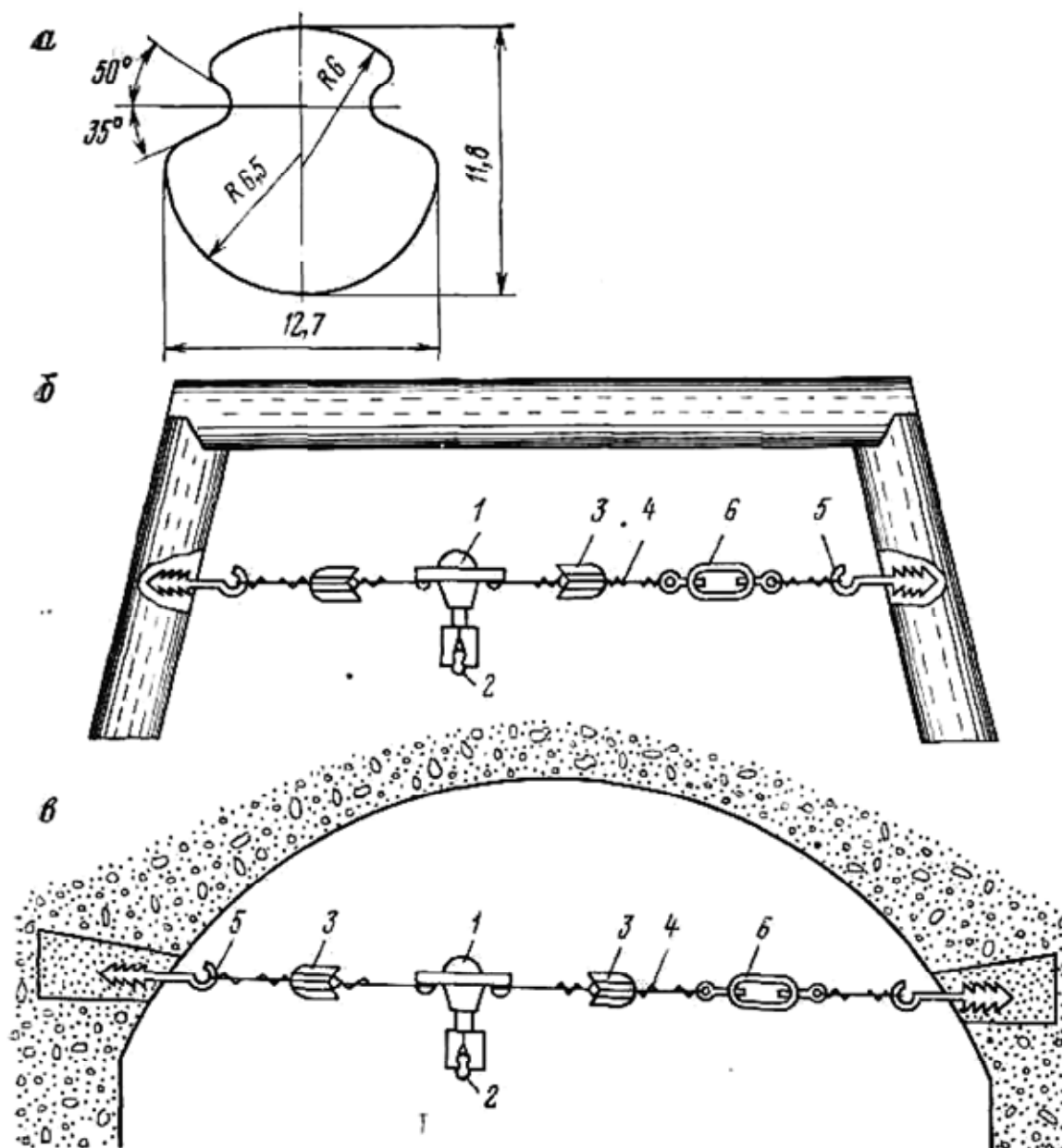


Рис. 10.9. Сечение контактного провода (а) и схемы подвески его при деревянном (б) и бетонном (в) креплениях выработки: 1 — подвес; 2 — зажим; 3 — изолятор; 4 — оттяжка; 5 — крюк; 6 — натяжная муфта

Контактный провод удерживается зажимами, подвешенными на эластичных оттяжках (рис. 10.9, б, в), что обеспечивает хорошие условия токосъема. В местах пересечения выработок и прохода через вентиляционные двери контактный провод подвешивают на жесткой подвеске. Расстояние между точками подвеса провода на прямолинейных участках не должно превышать 5 м, на криволинейных — 3 м. Оттяжки с обеих сторон должны быть изолированы.

Высота подвески контактного провода от головки рельсов в выработках, по которым передвигаются люди, и в околостольных дворах должна составлять не менее 2,2 м. В выработках с механизированной перевозкой людей допускается высота подвески 1,8 м. Расстояние от контактного провода до кровли выработки (крепи) должно быть не менее 0,2 м.

Рельсовый путь, выполняющий роль обратного провода, должен обладать достаточно высокой электропроводностью. В результате плохой изоляции рельсов с почвой часть тока, проходящего по рельсам, ответвляется в почву и протекает по ней в направлении к тяговой подстанции. Такой ток называется *блуждающим*. Чем больше сопротивление рельсового пути, тем больше блуждающие токи. В трубопроводах, кабелях, находящихся рядом с рельсовыми путями и соприкасающимися с почвой, блуждающие токи вызывают коррозию металла. Напряжение блуждающих токов достигает иногда нескольких десятков вольт, что может привести к воспламенению электродетонаторов.

Для снижения величины блуждающих токов уменьшают сопротивление рельсового пути посредством установки стыковых электросоединителей на каждом стыке рельсов и обходных электросоединителей на стрелочных переводах и съездах. Кроме того, через каждые 50 м между нитками рельсов устанавливают междурельсовые соединители, а через каждые 100 м —

межпутевые соединители между отдельными рельсовыми путями в двухпутных выработках. Для снижения электрического сопротивления стыков рекомендуется также наносить графитовую смазку на очищенные от ржавчины накладки и концы рельсов.

Питающие и отсасывающие пункты (см. рис. 10.8) соединены с подстанцией питающими и отсасывающими бронированными кабелями с медными жилами на напряжение до 1 кВ. Электроэнергия от питающего пункта по кабелю через разъединитель подается к контактному проводу. Отсасывающий кабель при помощи специальных наконечников приваривают к обеим ниткам рельсов.

Подпитывающие кабели исключают падение напряжения в контактной сети более чем на 10—12% при большом грузопотоке и более чем на 20%—при малом грузопотоке. Они прокладываются от тяговой подстанции параллельно питающим кабелям и подсоединяются к контактной сети через каждые 200—300 м.

На всех отходящих от тяговых подстанций присоединениях питающих тяговую сеть, устанавливают автоматические выключатели, обеспечивающие защиту тяговой сети от токов короткого замыкания.

Тяговые подстанции обычно располагают в околоствольном дворе и совмещают с центральной подземной подстанцией или устанавливают в специальных камерах. При неглубоких шахтах (до 50 м) подстанции располагают на поверхности.

В состав тяговой подстанции входят: питающая трансформаторная подстанция; выпрямительный агрегат; система охлаждения силового блока вентилей; устройства для выравнивания токов и напряжений на вентилеях; аппараты управления, защиты, контроля и сигнализации; защитно-коммутационные аппараты и контрольно-измерительные приборы. Наибольшее распространение на рудных шахтах получили стационарные автоматизированные тяговые подстанции АТП-500/275М и АТП-500/275М1-У5 на полупроводниковых кремниевых выпрямителях, питающиеся от трехфазной сети 6 кВ и преобразующие переменный ток промышленной частоты в постоянный. Мощность тяговой подстанции 137,5 кВт.

При эксплуатации шахтных аккумуляторных электровозов зарядку аккумуляторных батарей производят в зарядных преобразовательных подстанциях, основным оборудованием которых являются силовой трансформатор, полупроводниковый выпрямитель на кремниевых вентилеях, аппаратура управления и контроля.

На отечественных шахтах широкое распространение получили полупроводниковые зарядные устройства типа ЗУК-75/120 и ЗУК-155/230М [в условном обозначении цифры в числителе указывают выпрямленный (зарядный) ток в амперах, в знаменателе — выпрямленное напряжение в вольтах]. В зарядных устройствах автоматическая стабилизация зарядного тока осуществляется самонасыщающимся магнитным усилителем.

Более совершенные зарядные устройства типа УЗА-150/120 или УЗА-215/300 позволяют заряжать аккумуляторную батарею при неизменном напряжении, при котором ток во время зарядки батареи уменьшается, что позволяет исключить перегрев электролита и существенно сократить время зарядки аккумуляторной батареи.

Осмотр и ремонт электровозов производят в гаражах (подземных депо), располагаемых в обособленных выработках в районе околоствольного двора. В зависимости от числа обслуживаемых электровозов гараж оборудуют одним или несколькими заездами и не менее чем двумя выходами. Он должен хорошо освещаться и проветриваться. В гараже для контактных электровозов имеются отделения для стоянки и осмотра электровозов, ремонтной мастерской, а для аккумуляторных электровозов — еще и специальное, хорошо проветриваемое зарядное отделение, в котором расположены специальные столы для зарядки батарей.

Для осмотра и ремонта электровозов в гараже устраивают смотровую яму. Ремонтную мастерскую оборудуют грузоподъемными механизмами (талями и кранами) и необходимыми приспособлениями. Для перестановки аккумуляторных батарей с электровоза на зарядные столы и обратно в зарядных отделениях установлены мостовые краны грузоподъемностью 5—7 т.

10.5. Эксплуатационный расчет электровозного транспорта

Задача эксплуатационного расчета — выбор типов и типоразмеров электровоза и вагонетки, определение числа вагонеток в составе и числа электровозов, производительности

рейсового электровоза, расхода энергии, потребной мощности преобразовательной подстанции и числа подстанций.

Исходными данными для расчета являются: плотность транспортируемой горной массы в насыпке; план, профиль и длина откаточных путей; производительность погрузочных пунктов; состояние откаточных путей; вид организации откатки и др.

Тип электровоза (контактный или аккумуляторный) выбирают в соответствии с ПБ и другими требованиями (см. 10.1). Сцепной вес электровоза, тип вагонетки и вместимость ее кузова определяют с учетом условий эксплуатации (см. табл. 9.2) и производительности откаточного горизонта или рудной шахты (см. 10.1). Профиль и план пути откаточных горизонтов принимают по данным маркшейдерской съемки. Если по трассе движения поезда на отдельных ее участках профиль рельсового пути меняет уклон, то производят спрямление профиля.

Спрямленный средневзвешенный уклон

$$i_{св} = \frac{i_1 L_1 + i_2 L_2 + \mathbf{K} + i_n L_n}{L_1 + L_2 + \mathbf{K} + L_n}, \quad (10.1)$$

где $i_1, i_2, \dots, i_n$ — уклон отдельного участка пути; $L_1, L_2, \dots, L_n$ — длина отдельного участка пути, м.

Участок пути длиной $L \geq 150 \div 200$ м, уклон которого отличается от соседних более чем на 1—2%, является руководящим и спрямлению не подлежит.

Если электровозы не закреплены за погрузочными пунктами, то в качестве расчетной длины принимают средневзвешенную длину откатки (м)

$$L_{с.в.} = \frac{L_1 Q_1 + L_2 Q_2 + \mathbf{K} + L_n Q_n}{Q_1 + Q_2 + \mathbf{K} + Q_n}, \quad (10.2)$$

где $Q_1, Q_2, \dots, Q_n$ — сменные грузопотоки на каждом маршруте (производительности погрузочных пунктов), т.

Необходимую силу тяги электровоза без учета сопротивления воздушной среды и сопротивления движению можно определить по формуле (2.14):

$$F = z(G + G_0)g(w_0 \pm i + w_{кр} + 108a) \quad (10.3)$$

где G и G_0 — масса соответственно груза в вагонетке и самой вагонетки, т; z — число вагонеток в составе.

Согласно формуле (4.3) сила тяги не должна превышать силу сцепления ведущих колес электровоза с рельсами:

$$F \leq 1000P_{сц}y = 1000Pgy \quad (10.4)$$

где P — масса электровоза, т.

Подставляя выражение (10.4) в формулу (10.3), получим уравнение

$$1000Pgy = z(G + G_0)g(w_0 \pm i + w_{кр} + 108a) \quad (10.5)$$

Из уравнения (10.5) можно определить массу поезда:

$$G_n = z(G + G_0) = P \left(\frac{1000y}{w_0 \pm i + w_{кр} + 108a} - 1 \right) \quad (10.6)$$

Допустимую массу поезда (т) для рудной шахты определяют из условий: трогания груженого поезда на среднем подъеме на засоренных путях у погрузочных пунктов; экстренного торможения груженого поезда на спуске с учетом обеспечения длины тормозного пути в пределах допустимого согласно ПБ; нагрева тяговых двигателей; вписывания состава в лимитирующую разминку.

Окончательно допустимую массу поезда принимают по наименьшему из полученных значений.

Масса груженого поезда (т) при трогании на подъем на засоренных путях у погрузочных пунктов — при наиболее тяжелых и распространенных условиях работы в рудных шахтах —

$$G_{н.з} = z(G + G_0) = P \left(\frac{1000}{1,5w_{с} + i + w_{кр} + 108a} - 1 \right) \quad (10.7)$$

Значения коэффициентов сцепления ψ колес электровоза с рельсами принимают в зависимости от состояния поверхности рельсов (табл. 10.2), значения основного удельного сопротивления движению w_r — в зависимости от вместимости кузова вагонетки и плотности пород (табл. 10.3). Для засоренных участков рельсового пути удельное сопротивление увеличивают на 50% (вводят коэффициент, равный 1,5). Уклон пути i , по которому ведется расчет, подставляют в формулу (10.7) в единицах удельного сопротивления (Н/кН), при этом численное значение i равно числу промилле. Например, если уклон пути составляет 4‰, то в формулу (10.7) подставляют $i = 4$ Н/кН.

Т а б л и ц а 10.2

Значения коэффициента сцепления ψ колес электровоза рельсами

Состояние поверхности рельсов	Условия движения	
	Без подсыпки песка	С подсыпкой песка
Чистые сухие	0,18	0,24
Влажные, практически чистые	0,12-0,17	0,17-0,2
Мокрые, покрытые грязью	0,09-0,12	0,12-0,16

Т а б л и ц а 10.3

Основное удельное сопротивление движению груженных ω_z и порожних ω_n вагонеток, Н/кН

Вместимость кузова вагонетки, м ³ , не более	ω_z при плотности транспортируемой горной массы, т/м ³			ω_n
	1,6	2	2,5-3	
1,6	9	8	7	11
2,5	8	7	6	10
4,5	7	6	5	8
9,5	6	5	4	6

Удельное сопротивление (Н/кН) на криволинейных участках зависит от радиуса R_k кривизны пути (м):

R	12	15	20	25	30
$\omega_{кр}$	10	9	8	7	6

Минимальное ускорение при трогании $a_{\min} = 0,03$ м/с².

Массу груженого поезда для рудных шахт определяют для наиболее тяжелого режима работы — при движении на подъем, поэтому масса порожнего поезда при всех режимах работы заведомо меньше массы груженого поезда. Число вагонеток в груженом и порожнем поездах принимается одинаковым.

Расчетная масса прицепной части груженого поезда (т)

$$G_{n.z} = z(G + G_0) = z(V_e g + G_0) \quad (10.8)$$

где V_e — вместимость кузова вагонетки, м³; γ — насыпная плотность транспортируемой горной массы, т/м³. Число вагонеток в составе

$$z = \frac{G_{n.z}}{V_e g + G_0} \quad (10.9)$$

Масса (т) порожнего поезда $G_{n.n} = zG_0$.

Проверку массы поезда по торможению выполняют для наиболее тяжелого режима — экстренной остановки груженого поезда на спуске, крутизна которого равна руководящему уклону i_p .

Допустимая скорость груженого поезда (км/ч) на расчетном преобладающем уклоне i_p пути

$$n_{дон.z} = \sqrt{0,24l_m(b_m + w_z - i_p)} \quad (10.10)$$

где l_m — тормозной путь (от начала торможения до полной остановки поезда), м; b_m — удельная тормозная сила, Н/кН.

Согласно ПБ на преобладающем уклоне при перевозке грузов $l_m = 40$ м, а при перевозке людей $l_m = 20$ м. В отдельных случаях для прямолинейных откаточных выработок с выдержанным продольным профилем, по которым запрещено хождение людей, по согласованию с органами госгортехнадзора допускается увеличение тормозного пути при перевозке грузов ($l_m = 80$ м).

Удельная тормозная сила (Н/кН)

$$b_m = \frac{1000Pgy + B_{\text{дон}}}{[P + z(V_g g + G_0)]g} \quad (10.11)$$

где $B_{\text{дон}}$ — дополнительная тормозная сила рельсового электромагнитного тормоза, Н.

Если в начале торможения $n_{н,з} > n_{\text{дон,з}}$ то по условиям обеспечения требуемого тормозного пути массива груженого состава (т)

$$G_{н,з} = z(V_g g + G_0) = \frac{1000Pgy + B_{\text{дон}}}{\left(\frac{4,17n_{н,з}^2}{l_m} - w_z - i_p \right) g} - P \quad (10.12)$$

Скорость движения электровоза можно уменьшить путем перехода с параллельного соединения тяговых двигателей на последовательное, а также периодически отключая двигатели.

Критерием определения массы поезда по нагреву двигателей является эффективный ток $I_{\text{эф}}$, значение которого не должно превышать значение длительного тока, указанного в характеристике тягового двигателя электровоза т. е. $I_{\text{эф}} \leq I_{\text{дл}}$.

Для одного рейса

$$I_{\text{эф}} = a \sqrt{\frac{I_z^2 t_z + I_n^2 t_n}{t_p}} \quad (10.13)$$

где I_z , I_n , t_z , t_n — соответственно ток (А) двигателя и время (мин) при движении груженого и порожнего составов; t_p — время одного рейса, мин; a — коэффициент, учитывающий дополнительный нагрев двигателей при выполнении маневров (для контактных электровозов $a = 1,15 \div 1,3$).

Силу тока I_z и I_n определяют согласно электромеханической характеристике тягового двигателя электровоза по установившейся силе тяги (Н) в грузовом F'_z и порожняковом F'_n направлениях, приходящейся на один двигатель:

$$F'_z = \frac{1}{n_{\text{дв}}} [P + z(V_g g + G_0)]g(w_z - i_c) \quad (10.14)$$

$$F'_n = \frac{1}{n_{\text{дв}}} (P + zG_0)g(w_n + i_c) \quad (10.15)$$

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

Время одного рейса (мин)

$$t_p = t_z + t_n + q_{\text{ц}} \quad (10.16)$$

Время движения (мин) груженого и порожнего составов:

$$t_z = \frac{60L_z}{k_z v_z}; \quad t_n = \frac{60L_n}{k_n v_n} \quad (10.17)$$

где v_z и v_n — действительные скорости движения соответственно груженого и порожнего составов, км/ч; $k_z = 0,75$ и $k_n = 0,8$ коэффициенты, учитывающие снижение скорости в периоды разгона и торможения; L_z и L_n — длина пути соответственно в грузовом и порожняковом направлениях, км; $q_{\text{ц}}$ — продолжительность пауз за цикл, включая время загрузки и разгрузки и время на различные задержки, мин.

Значения скоростей v_z и v_n определяют по электромеханической характеристике тягового двигателя в зависимости от значений силы тока I_z и I_n .

Продолжительность маневровых операций, включающих продолжительность загрузки вагонеток и их разгрузки в круговых опрокидывателях, определяют в зависимости от вместимости кузова вагонетки (табл. 10.4).

Т а б л и ц а 10.4

Продолжительность маневровых операций

Вместимость кузова вагонетки, м ³	Время загрузки одной вагонетки под люком, мин	Время разгрузки в опрокидывателе, мин	
		одной вагонетки	двух вагонеток
1,2	1,25	0,5	0,67
2,2	1,5	0,58	0,75

4,5	2	0,67	0,83
9,5	3	0,83	—

Если после определения $I_{эф}$ по формуле (10.3) окажется, что $I_{эф} > I_{дл}$, то необходимо уменьшить число вагонеток z в составе и продолжить расчеты до тех пор, пока не будет соблюдено условие $I_{эф} \leq I_{дл}$.

Окончательное число вагонеток в составе выбирают по наименьшему из значений, полученных при расчетах по условиям трогания, нагрева двигателей и торможения. Затем полученное число вагонеток в составе проверяют по условию размещения состава на разминовке лимитированной длины:

$$z_p \leq \frac{l_p - l_z - 2}{l_g}$$

где l_p — лимитированная длина разминовки, м; l_z — длина электровоза; l_g — длина вагонетки, м; 2 — запас длины по условиям установки состава на разминовке, м.

Если определенное ранее число вагонеток в составе $z > z_p$, то необходимо увеличить длину разминовки. Если это невозможно, то число вагонеток принимают равным z_p .

Окончательно массу груженого состава определяют по формуле (10.8).

Для расчета числа электровозов определяют число рейсов одного электровоза в смену

$$n_p = 60 t_{см} k_z / t_p \quad (10.18)$$

и число рейсов в смену $n_{см}$, необходимое для вывоза горной массы при суммарной сменной производительности $Q_{см}$ (т),

$$n_{см} = k_n \frac{Q_{см}}{z V_g g} + n_l + n_m \quad (10.19)$$

где $t_{см}$ — продолжительность смены, ч; k_z — коэффициент, учитывающий время подготовки электровоза к эксплуатации (принимается равным 0,8 для контактных электровозов и 0,7 — для аккумуляторных); k_n — коэффициент неравномерности поступления груза, равный 1,25 — при наличии аккумулирующей емкости и 1,6 — при отсутствии последней; $n_l = 1$ и $n_m = 1$ — число рейсов на одно крыло соответственно с людьми и вспомогательными материалами.

Число электровозов, необходимых для работы,

$$N_p = n_{см} / n_p \quad (10.20)$$

Инвентарное число электровозов

$$N_u = N_p + N_{рез} \quad (10.21)$$

где $N_{рез}$ — число резервных электровозов, принимаемое из следующих условий:

N_p ≤ 6 7-12 ≥ 13

$N_{рез}$ 1 2 3

Сменная производительность одного электровоза (т·км)

$$Q_{эл} = Q_{см} L_z / N_p \quad (10.22)$$

Необходимое число вагонеток (парк вагонеток) $z_{6,n}$ определяют путем расстановки составов по рабочим местам:

$$z_{6,n} = 1,25 z N_p + z_{6,m} \quad (10.23)$$

где $z_{6,m}$ — число вагонеток, транспортирующих вспомогательные материалы.

Расход энергии (МДж) за один рейс, отнесенный к колесам электровоза,

$$\mathcal{E} = 10^{-3} (F_z L_z + F_n L_n) \quad (10.24)$$

где F_z и F_n — сила тяги электровоза соответственно в грузовом и порожнем направлениях, Н:

$$F_z = F'_z n_{дв}; \quad F_n = F'_n n_{дв}.$$

Расход энергии (МДж) контактными электровозами за рейс, отнесенный к шинам подстанции,

$$\mathcal{E}_p = \frac{\mathcal{E}}{h_z h_c h_n} \quad (10.25)$$

где $\eta_z = 0,6$, $\eta_c = 0,95$, $\eta_n = 0,93$ — КПД соответственно электровоза, тяговой сети и подстанции.

Удельный расход энергии за смену [МДж/(т·км)]

$$\mathfrak{E}_{y0} = \frac{\mathfrak{E}_p}{zV_g L_z} \quad (10.26)$$

Общий расход энергии за смену (МДж)

$$\mathfrak{E}_{cm} = \mathfrak{E}_{y0} Q_{cm} L_z \quad (10.27)$$

Потребная мощность тяговой подстанции (кВт)

$$P_{cm} = 10^{-3} k_0 U I_{cp} N_p \quad (10.28)$$

где U — напряжение сети, В; k_0 — коэффициент одновременности ($k_0 = 1$ при $N_p \leq 2$; $k_0 = 0,55 + N_p^{-1}$ при $N_p > 2$).

Средний ток (А)

$$I_{cp} = \frac{I_z t_z + I_n t_n}{t_z + t_n} n_{\partial s} \quad (10.29)$$

Потребное количество тяговых подстанций

$$n_{cm} = P_{cm} / P_{атп} \quad (10.30)$$

где $P_{атп}$ — мощность одной автоматизированной подстанции, кВт.

Максимально допустимую длину участка (км) по одну сторону от тяговой подстанции определяют по условиям падения напряжения:

$$L_y = \frac{\Delta U}{0,5 I_{cp} R_{cp} N_p} \quad (10.31)$$

где ΔU — допустимое падение напряжения в контактной сети,, которое при наибольшей нагрузке не должно превышать 15— 20%, В; $R_{cp} = R_k + R_p$ — среднее сопротивление контактного провода и рельсовых путей, Ом/км (табл. 10.5 и 10.6).

Т а б л и ц а 10.5

Сопротивление контактного провода R_k , Ом/км

Путь	Сечение провода, мм ²		
	65	85	100
Одноколейный	0,32	0,14	0,11
Двухколейный	0,16	0,12	0,105
Трехколейный	0,11	0,08	0,07

Т а б л и ц а 10.6

Сопротивление рельсового пути R_p , Ом/км

Тип рельса	Число колеи пути		
	1	2	3
P24	0,043	0,022	0,014
P33	0,032	0,016	0,011
P38	0,028	0,014	0,009

Если по расчету длина L_y окажется меньше длины откаточного участка, то прокладывают усиливающий кабель от тяговой подстанции на $2/3$ длины откаточного участка. Усиливающий кабель присоединяют к контактной сети через каждые 200— 300 м.

Пример расчета электровозного транспорта. *Исходные данные;* транспортируемый груз — железная руда насыпной плотностью 2,5 т/м³; план, профиль пути, длины участков (ортов) и их производительность — см. рис. 10.10 и табл. 10.7; ширина рельсовой колеи 750 мм; тип рельсов главных откаточных путей — Р38; состояние рельсов — чистые сухие; организация работ — электровозы закреплены за составами; продолжительность смены 6 ч; рудная шахта, не опасная по газу или пыли.

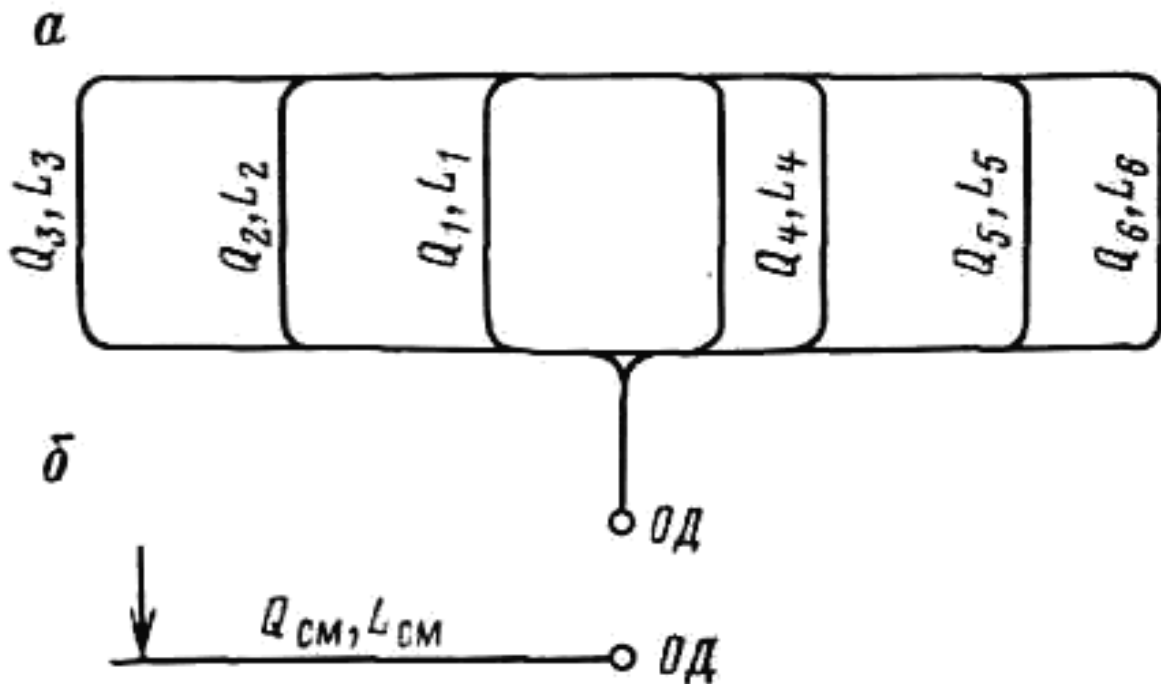


Рис. 10.10. Схема электровозного транспорта: а — действительная; б — расчетная

Т а б л и ц а 10.7

Условия работы электровозного транспорта

Параметры						
	1	2	3	4	5	6
Сменная производительность орта, т	530	470	420	570	510	480
Расстояние транспортирования, км	1,6	1,8	2,1	1,6	1,9	2,3
Средний уклон пути, ‰	4					

Задачи расчета: выбор типа электровоза и вагонетки; определение числа вагонеток в составе, числа электровозов, производительности одного электровоза, расхода энергии и потребной мощности тяговой подстанции.

Исходя из производительности шахты и длины откатки принимаем контактный электровоз К14М (см. 10.1) и вагонетку с глухим кузовом типа ВГ4,5А (см. табл. 9.2), технические характеристики которых см. табл. 9.1 и 10.1.

Обработка исходных данных. Действительную схему транспорта (рис. 10.10, а) заменяем на расчетную (рис. 10.10, б).

Так как электровозы закреплены за составами, то согласно расчетной схеме средневзвешенное расстояние транспортирования определяем по формуле (10.2):

$$L_{с.в.} = \frac{L_1 Q_1 + L_2 Q_2 + L_3 Q_3 + L_4 Q_4 + L_5 Q_5 + L_6 Q_6}{Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6} =$$

$$= \frac{1,6 \cdot 530 + 1,8 \cdot 470 + 2,1 \cdot 420 + 1,6 \cdot 570 + 1,9 \cdot 510 + 2,3 \cdot 480}{530 + 470 + 420 + 570 + 510 + 480} = 1,86 \text{ км}$$

Средний уклон пути (расчетный) $i_c = i_p = 4\text{‰}$.

Суммарная сменная производительность всех 6 ортов откаточного горизонта $Q_{см} = 2980$

т.

Определение числа вагонеток в составе. Масса поезда при трогании на подъем на засоренных путях у погрузочных пунктов при $\psi = 0,18$ (см. табл. 10.2), $\omega_z = 5 \text{ Н/кН}$ и $\omega_n = 8 \text{ Н/кН}$ (см. табл. 10.3), $i_p = 4\text{‰}$, $\omega_{кр} = 0$, $a = 0,03 \text{ м/с}^2$ и $P = 14 \text{ т}$ вычислим по формуле (10.7):

$$G_{н.з} = P \left(\frac{1000y}{1,5w_z + i_p + w_{кр} + 108a} - 1 \right) = 14 \left(\frac{1000 \cdot 0,18}{1,5 \cdot 5 + 4 + 0 + 108 \cdot 0,03} - 1 \right) = 156,4 \text{ т}$$

Масса вагонетки ВГ4,5А $G_0 = 4,2$ т, вместимость кузова $V_B = 4,5$ м³ (см. табл. 9.1). Тогда число вагонеток в составе

$$z = \frac{G_{n,z}}{V_B g + G_0} = \frac{156,4}{4,5 \cdot 2,5 + 4,2} = 10,1$$

Принимаем $z=10$.

Определим параметры состава:

масса груза в одном вагоне

$$G = 4,5 \cdot 2,5 = 11,25 \text{ т};$$

действительная масса порожнего поезда

$$G_{n,n} = 10 \cdot 4,2 = 42 \text{ т};$$

масса груженого поезда без локомотива

$$G_{n,z} = 10 (11,25 + 4,2) = 154,5 \text{ т};$$

длина поезда

$$l_n = l_z + z l_e = 5,21 + 10 \cdot 4,1 = 46,2 \text{ м}.$$

Проверка массы поезда по условию торможения. Допустимая скорость груженого поезда $v_{\text{доп.г.}}$ на расчетном преобладающем уклоне определим по формуле (10.10), учитывая, что $l_m \leq 40$ м, $B_{\text{доп}} = 0$ (на электровозе не установлены рельсовые электромагнитные тормоза) и

$$b_m = \frac{1000 P_y}{P + z(V_B g + G_0)} = \frac{1000 \cdot 1,4 \cdot 0,18}{14 + 10(4,5 \cdot 2,5 + 4,2)} = 15 \text{ Н / кН}$$

Таким образом, допустимая скорость:

$$n_{\text{доп.г.}} = \sqrt{0,24 l_m (b_m + w_z - i_p)} = \sqrt{0,24 \cdot 40 (15 + 5 - 4)} = 15,3 \text{ км / ч}$$

Проверка массы поезда по условию нагрева тяговых двигателей электровоза. Эффективный ток тягового двигателя $I_{\text{эф}}$ электровоза К14М определяем по формуле (10.13), а длительный ток $I_{\text{дл}} \leq 122$ А — по его технической характеристике (см. табл. 10.1).

Предварительно по формулам (10.14) и (10.15) вычислим установившуюся силу тяги, отнесенную к одному двигателю, в грузовом F_z и порожняковом F_n направлениях:

$$F'_z = \frac{1}{n_{\text{дв}}} [P + z(V_B g + G_0)] g(w_z - i_c) = \frac{1}{2} [14 + 10(4,5 \cdot 2,5 + 4,2)] 9,81(5 - 4) = 807 \text{ Н};$$

$$F'_n = \frac{1}{n_{\text{дв}}} (P + z G_0) g(w_n + i_c) = \frac{1}{2} (14 + 10 \cdot 4,2) 9,81(8 + 4) = 3296 \text{ Н}.$$

Согласно электромеханической характеристике электродвигателя ДТН45 полученным значениям силы тяги соответствуют токи $I_z = 34$ А и $I_n = 86$ А.

Время движения груженого состава определим исходя из допустимой по торможению скорости движения $n_{\text{доп.г.}} = 15,3$ км/ч:

$$t_z = \frac{60 \cdot 1,86}{0,75 \cdot 15,3} = 9,7 \text{ мин}$$

а время движения порожнего состава — исходя из скорости движения v_n согласно электромеханической характеристике: при силе тока $I_n = 86$ А скорость $n_n = 20,5$ км/ч. Таким образом,

$$t_n = \frac{60 \cdot 1,86}{0,8 \cdot 20,5} = 6,8 \text{ мин}$$

Продолжительность пауз q_u включает продолжительность маневровых операций (см. табл. 10.4) и резерв времени на различные задержки (10 мин):

$$q_u = 10 \cdot 2,0 + 10 \cdot 0,67 + 10 = 36,7 \text{ мин}.$$

Продолжительность одного рейса

$$t_p = 9,7 + 6,8 + 36,7 = 53,2 \text{ мин}.$$

Эффективный ток [см. формулу (10.13)]

$$I_{\text{эф}} = a \sqrt{\frac{I_z^2 t_z + I_n^2 t_n}{t_p}} = 1,3 \sqrt{\frac{34^2 \cdot 9,7 + 86^2 \cdot 6,8}{53,2}} = 43 \text{ А}$$

Таким образом, $I_{\text{эф}} < I_{\text{дл}}$, поэтому оставляем в составе 10 вагонеток ($z = 10$).

По полученным результатам расчетов массы состава по условиям трогания, торможения и нагрева двигателей принимаем окончательное число вагонеток в составе $z = 10$.

Длина поезда составляет 46,21 м, следовательно, длина разминовки для размещения поезда должна быть не менее 48—50 м.

Определение числа электровозов и их производительности. Число рейсов одного электровоза за смену [см. формулу (10.18)]

$$n_p = \frac{60t_{cm}k_{\varepsilon}}{t_p} = \frac{60 \cdot 6 \cdot 0.3}{53.2} = 5$$

а потребное число рейсов в смену [см. формулу (10.19)]

$$n_{cm} = k_n \frac{Q_{cm}}{zV_g} + n_{\lambda} + n_{\mu} = 1,25 \frac{2980}{10 \cdot 4,5 \cdot 2,5} + 1 + 1 = 35$$

Число электровозов, необходимых для работы,

$$N_p = \frac{n_{cm}}{n_p} = \frac{35}{5} = 7$$

Принимаем резерв электровозов $N_{рез} = 2$, а инвентарное число электровозов $N_u = 7 + 2 = 9$.

Сменная производительность электровоза

$$Q_{эл} = \frac{Q_{cm}L_z}{N_p} = \frac{2980 \cdot 1,86}{7} = 792 \text{ м} \cdot \text{км}$$

Расход энергии на электровозный транспорт. Расход энергии за один: рейс, отнесенный к колесам электровоза [см. формулу (10.24)],

$$\begin{aligned} \mathcal{E} &= 10^{-3}(F_z L_z + F_n L_n) = 10^{-3}(2F'_z L_z + 2F'_n L_n) = \\ &= 10^{-3}(2 \cdot 807 \cdot 1,86 + 2 \cdot 3296 \cdot 1,86) = 15,26 \text{ МДж} \end{aligned}$$

Расход электровозом энергии за рейс, отнесенный к шинам подстанции [см. формулу (10.25)],

$$\mathcal{E}_p = \frac{\mathcal{E}}{h_z h_c h_n} = \frac{15,26}{0,6 \cdot 0,95 \cdot 0,93} = 28,8 \text{ МДж}$$

Удельный расход энергии на шинах подстанции, отнесенный к 1 т-км транспортируемого груза [см. формулу (10.26)],

$$\mathcal{E}_{y0} = \frac{\mathcal{E}_p}{zV_g L_z} = \frac{28,8}{10 \cdot 4,5 \cdot 2,5 \cdot 1,86} = 0,137 \frac{\text{МДж}}{\text{т} \cdot \text{км}}$$

Общий расход энергии за смену [см. формулу (10.27)]

$$\mathcal{E}_{cm} = \mathcal{E}_{y0} Q_{cm} L_z = 0,137 \cdot 2980 \cdot 1,86 = 760 \text{ МДж}$$

Потребную мощность тяговой подстанции определяем по формуле (10.28) при коэффициенте одновременности

$$k_0 = 0,55 + \frac{1}{7} = 0,69$$

и среднем токе [см. формулу (10.29)]

$$I_{cp} = \frac{I_z t_z + I_n t_n}{t_z + t_n} n_{ос} = \frac{34 \cdot 9,7 + 86 \cdot 6,8}{9,7 + 6,8} 2 = 110,8 \text{ А}$$

Таким образом, потребная мощность тяговой подстанции

$$P_{ст} = 10^{-3} k_0 U I_{cp} N_p = 10^{-3} \cdot 0,69 \cdot 250 \cdot 110,8 \cdot 7 = 137,8 \text{ кВт.}$$

Принимаем одну тяговую подстанцию АТП-500/275М мощностью 137,5 кВт.

10.6. Организация движения электровозного транспорта

Служба внутришахтного транспорта (ВШТ) осуществляет оперативное руководство движением груженых, порожних и пассажирских составов, своевременную и бесперебойную подачу порожних вагонеток и вспомогательных грузов к рабочим участкам, надзор за

исправностью подвижного состава, тяговой сети, рельсовых путей, проведение текущих ремонтов транспортного оборудования и откаточных выработок.

Работа электровозной откатки организуется в соответствии с технологическим паспортом рудной шахты, в который входят: характеристика подвижного состава; расчет электровозного транспорта и масса состава для каждого горизонта; расстановка вагонеток по шахте; схемы рельсовых путей откаточных горизонтов, а также у мест погрузки и разгрузки; схема тяговой сети с указанием мест расположения питающих пунктов; инструкционно-технологические карты, регламентирующие порядок движения составов по откаточным выработкам, маневровые операции на пунктах погрузки и разгрузки; техническое обслуживание электровозов и вагонеток и др.

На рудных шахтах с большим числом часто перемещаемых погрузочных пунктов применяют организацию движения с закреплением электровоза за определенным составом, при этом электровоз протягивает состав в процессе погрузки и разгрузки. При такой организации движения упрощается диспетчерское управление, однако использование электровозного парка недостаточное.

При небольшом числе относительно стабильных погрузочных пунктов электровоз не закрепляют за определенным составом. Электровозы перемещают составы только на перегонах, а вагонетки при погрузке и разгрузке перемещают различными маневровыми устройствами. Такой вид организации позволяет повысить эффективность использования парка электровозов, однако при этом усложняется диспетчерская служба и требуется дополнительное маневровое оборудование (толкатели, лебедки, маневровые электровозы).

Использование составов, включающих вагонетки с донной разгрузкой (см. рис. 9.3), образующие секционный поезд, позволяет организовать поточную технологию работы электровозного транспорта, при которой обеспечивается высокая производительность благодаря комплексной механизации всех взаимосвязанных между собой транспортных операций — погрузки, транспортирования и разгрузки. При поточной технологии откатки исключаются маневровые операции и ручной труд по сцепке и расцепке вагонеток, отсутствуют опрокидыватели на разгрузочных пунктах.

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. 10.11, *а*), эстафетному графику (рис. 10.11, *б*) или комбинированному.

Электровозы, работающие по графику встречного движения со скрещиваниями, встречаются на разминовках, что вызывает простои поездов вследствие неодинаковой длины перегонов.

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.

При вычерчивании графика движения локомотивов по оси абсцисс откладывают время с 2-, 5- или 10-минутными интервалами, а по оси ординат — расстояние в метрах между начальным и конечным пунктами движения. Движение локомотива на графике изображается наклонными линиями, простои и маневры — горизонтальными линиями.

Движение 3 и более электровозов по однопутному участку с несколькими обменными и погрузочными пунктами осуществляют по комбинированному, со скрещиваниями или эстафетному графику с устройством путевых разминовок через каждые 300—400 м и применением аппаратуры блокировки стрелок и сигналов, а также связи машиниста электровоза с диспетчерской службой.

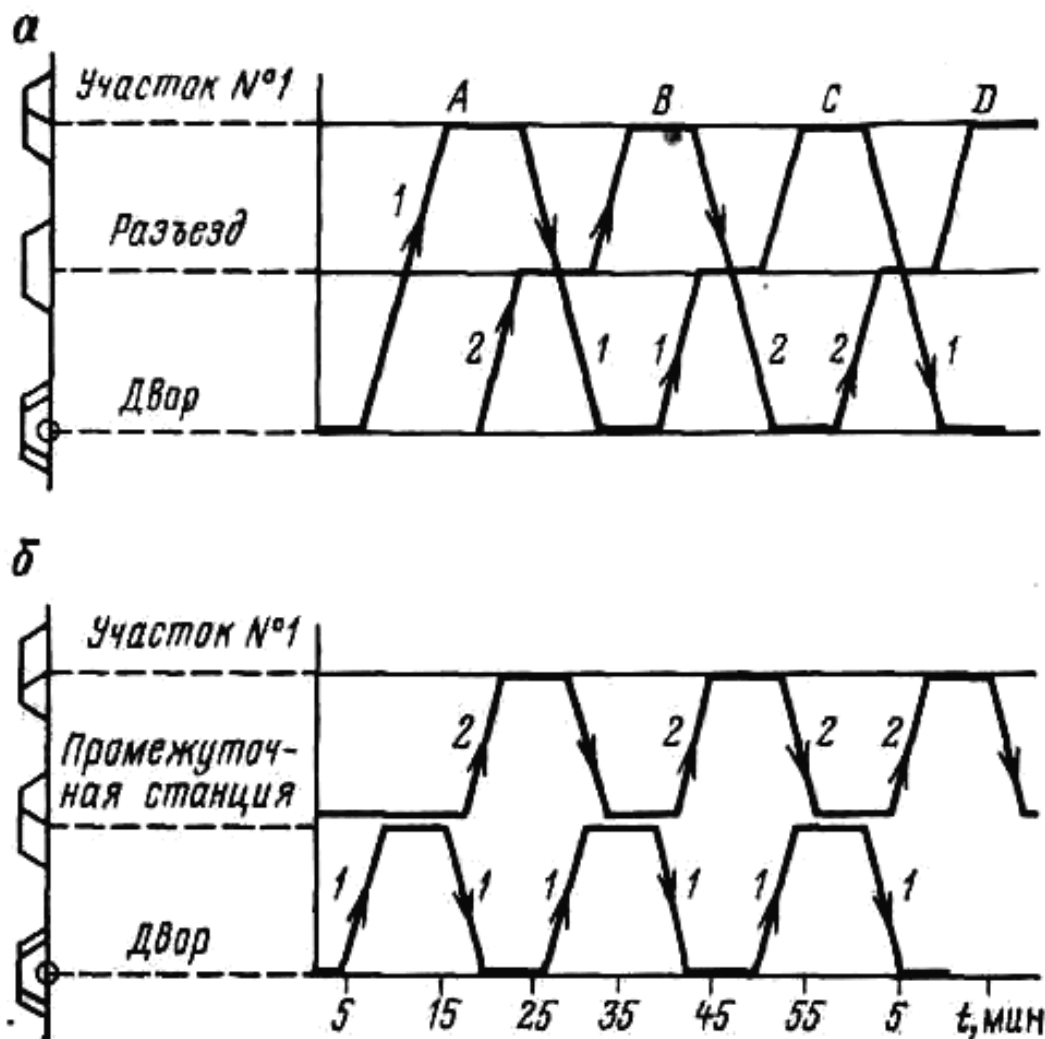


Рис. 10.11. Графики движения поездов: а — со скрещениями; б — эстафетный; 1 — электровоз № 1; 2 — электровоз № 2

При одновременной работе на участке 4 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/сут работа ВШТ контролируется горным диспетчером. При большем грузообороте, а также при одновременной работе более 8 электровозов на каждом добычном горизонте или 10 электровозов в смене вводится специальная диспетчерская служба движения.

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 и др.

В камере диспетчера установлен пульт-табло с мнемосхемой откаточных путей, которые разделены на отдельные блок-участки, ограждаемые с двух сторон светофорами. Для управления электровозным транспортом используют телефонную связь, системы сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ) стрелок и сигналов. Управление стрелочными переводами и светофорами осуществляется дистанционно диспетчером, который по сигналам на мнемосхеме определяет местонахождение поездов и положение стрелочных переводов и принимает решение о выборе маршрута. Диспетчер постоянно поддерживает связь с машинистами электровозов, осуществляемую по телефонному кабелю или контактному проводу.

Для оперативного управления работой электровозного транспорта на рудных шахтах применяется система сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ) — комплекс технических средств, предназначенных для централизованного управления движением поездов по откаточным выработкам в околоствольном дворе.

Устройства сигнализации (светофоры и связь) предназначены для обеспечения безопасного движения поездов и подачи сигналов машинистам электровозов, *устройства централизации* — для дистанционного управления сигналами и стрелочными переводами из диспетчерского пункта, *устройства блокировки* — 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 несколько систем СЦБ. Например, в пределах околоствольного двора и выработок откаточного горизонта используют систему, обеспечивающую централизованное диспетчерское управление светофорами и стрелочными переводами или автоматическое управление светофорами и стрелочными переводами отдельных блок-участков.

При работе более 3 электровозов на однопутных откаточных выработках с разминовками применяют аппаратуру автоматической двухсветовой 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.

Комплект аппаратуры СЦБ состоит из светофоров, путевых датчиков, приводов стрелочных переводов, централизованных аппаратов с релейными шкафами, реле, источников питания 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 околоствольный двор. Проходные сигналы разрешают или запрещают движение поезда с одного участка на другой в пределах перегона или околоствольного двора. 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, 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. Механический датчик выполняют в виде педали, при нажатии на которую колесом локомотива через рычажную систему замыкаются контакты электрической цепи сигнализации. Индуктивный датчик, представляющий собой катушку со стальным сердечником, устанавливают между рельсами. Принцип действия этого датчика основан на изменении магнитного поля при прохождении над ним локомотива. Контактный датчик выполнен в виде отрезка дополнительного контактного провода, при замыкании которого токоприемником с основным контактным проводом в схему СЦБ подается сигнал о прохождении электровоза.

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, обеспечивающий 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.

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. Участок контактного провода в местах погрузки и разгрузки изолируют от остальной сети. Команды на движение электровоза

подаются контактором, соединяющим изолированный участок с контактной сетью. 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 процесса вывоза горной массы благодаря совмещению функций оператора погрузочной или: разгрузочной установки и машиниста электровоза.

На крупных зарубежных рудных шахтах, например «Кируна» (Швеция), внедрены автоматические системы управления (АСУ) подземным электровозным транспортом. Откатка руды, осуществляется в вагонетках с донной разгрузкой (см. рис. 9.3) по замкнутой схеме, благодаря чему достигаются более высокие скорости движения (до 25 км/ч) и увеличивается пропускная способность электровозного транспорта. Откатка производится контактными электровозами со сцепным весом 650 кН, составами по 16—18 вагонеток с донной разгрузкой (грузоподъемность одного состава 420—460 т).

АСУ состоит из подсистемы двоянных 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.

10.7. Эксплуатация, техническое обслуживание и ремонт электровозов

К управлению электровозом допускаются лица, имеющие свидетельство на право управления данным типом электровоза. Перед отправкой в рейс машинисту выдают путевой лист, в котором отмечается маршрут, количество груза, которое необходимо перевезти, и др.

Перед началом работ машинист должен проверить исправность вагонеток и электровоза, а перед пуском электровоза — наличие масла в редукторах, состояние электрооборудования, наличие песка в песочницах, работу тормозов и др.

В процессе движения электровоз должен находиться в голове состава. Нахождение электровоза в хвосте состава допускается только при выполнении маневровых операций на участке протяженностью не более 300 м при скорости движения не более 2 м/с (7,2 км/ч).

Критерии отказов и предельных состояний основных узлов электровозов (на примере электровозов К14М и КТ14):

ходовая часть — чрезмерный нагрев корпуса редуктора и буксы, повышенный шум или стук в редукторе, разность износа бандажей между колесными парами 7 мм или предельный износ бандажей более 10 мм;

— рама — излом кронштейнов и скоб тормозной системы и подвески двигателя, предельный износ направляющих букс;

— пневмосистема — наличие утечки воздуха, отсутствие давления в системе, потеря управления пневмоаппаратами;

— тормозная система — пневмоцилиндры не развивают усилия, излом пружины

стояночного тормоза, предельный износ тормозных колодок;

– песочная система — отсутствие подачи песка под колеса, при воздействии на рычаг взрыхления песка рыхлитель не проворачивается.

Перечисленные отказы, а также отказы электрооборудования электровоза устраняют согласно инструкции завода-изготовителя.

В процессе эксплуатации электровоза машинист, его помощник и электрослесари производят ежесменное, ежесуточное и еженедельное техническое обслуживание, ежемесячное ремонтное обслуживание, текущий ремонт (через 6—7 мес). Один раз в год производят капитальный ремонт в центральных электромеханических мастерских или на рудоремонтном заводе.

Объем работ по этапам обслуживания электровоза производят в соответствии с инструкцией по эксплуатации конкретного типа электровоза.

При ежесменном техническом обслуживании проверяют техническое состояние электровоза, производят внешний осмотр, контролируют крепление всех сборочных единиц, выявляют технические повреждения, проверяют тормоза, систему подачи песка под колеса, давление в пневмосистеме.

При ежесуточном техническом обслуживании выполняют комплекс работ по ежесменному обслуживанию, а также проверяют зазоры между колодками и бандажами колес и др.

Еженедельное обслуживание включает проверку технического состояния ходовой части, пневмосистемы, наличия масла в редукторе компрессора и др.

Ежемесячное ремонтное обслуживание включает все операции по ежесменному, ежесуточному и еженедельному обслуживанию, а также проверку электрооборудования и проведение необходимых ремонтов отдельных сборочных единиц.

Текущий ремонт включает ремонтно-восстановительные работы ходовой части, тормозной системы, песочной системы, привода токоприемника, пневмосистемы и электрооборудования согласно перечню необходимых работ по инструкции.

При аварийных повреждениях производят неплановые ремонты, которые фиксируются актом по установленной форме.

Согласно правилам безопасности машинисту запрещается: эксплуатировать неисправный электровоз; покидать его во время движения; самовольно передавать управление электровозом другому лицу; перевозить людей в вагонетках, не приспособленных для этих целей; эксплуатировать электровоз на неисправных рельсовых путях; открывать двери при движении и высовываться из кабины; работать на электровозе при неисправных блокировках; производить осмотр и ремонт электровоза на стоянках при поднятом токоприемнике.

10.8. Эксплуатация тяговой сети

Для обеспечения бесперебойной работы электровозного транспорта бригада электрослесарей проводит ремонтный осмотр тяговой сети, при котором особое внимание обращается на состояние подвески и растяжки контактного провода, участков изоляторов и разъединителей, питающих и отсасывающих пунктов, а также проверяют наличие на рельсовых путях стыковых межрельсовых и межпутевых соединений. При обнаружении касания контактного провода с любыми посторонними предметами необходимо немедленно снять напряжение в тяговой сети. Наиболее характерным повреждением является «выскакивание» контактного провода из зажима вследствие ослабления стягивающих болтов, что может привести к отклонению контактного провода и соскальзыванию токоприемника при движении электровоза.

Один раз в месяц производят планово-предупредительный ремонт тяговой сети, включающий электрическое и механическое испытание тяговой сети, очистку подвесной арматуры от пыли и грязи, тщательный осмотр с проведением необходимого ремонта. При обнаружении трещин в изоляторах последние подлежат замене. Контактный провод заменяют в том случае, если его износ превысил допустимую величину: 30% для провода сечением 100 мм² и 20% — для проводов сечением 65 и 85 мм².

Основные правила безопасности: ремонт контактной сети производят при выключенном на этом участке напряжении и при заземленном контактном проводе; электрослесари,

выполняющие ремонт тяговой сети, должны быть в резиновых перчатках, а осуществляющие подъем контактного провода с почвы — еще и в резиновых ботах.

В процессе эксплуатации электровозного транспорта обесточивают контактный провод в местах погрузки и разгрузки длинномерных грузов и оборудования, а также на время спуска и подъема смены рабочих на расстоянии 50 м от ствола.

Вопросы для самопроверки

1. Дайте классификацию рудничных локомотивов и укажите область их; применения.
2. Какими эксплуатационными преимуществами и недостатками обладают контактные электровозы?
3. Объясните конструкцию рессорной подвески электровоза (см. рис. 10.4).
4. Объясните конструкцию тормозной системы электровоза (см. рис. 10.5).
5. Какие функции выполняет пневмосистема электровоза?
6. Что относится к электрическому оборудованию контактных электровозов?
7. Что такое электромеханическая характеристика тягового двигателя- электровоза?
8. Дайте характеристику систем управления тяговыми двигателями электровоза.
9. Из каких элементов состоит контактная сеть?
10. Изложите порядок расчета массы состава и числа вагонеток в составе.
11. Назовите допустимый ПБ тормозной путь при перевозке грузов, людей.
12. Что такое СЦБ?
13. При каких неисправностях электровоз не выпускается на линию?

11. ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОВОЗНОГО ТРАНСПОРТА НА ПОГРУЗОЧНЫХ ПУНКТАХ И В ОКОЛОСТВОЛЬНОМ ДВОРЕ

11.1. Устройства для загрузки вагонеток

Загрузку вагонеток осуществляют на погрузочных пунктах, представляющих собой совокупность горных выработок, транспортного оборудования и устройств, предназначенных для погрузки руды в составы вагонеток.

Погрузочные пункты шахт по добыче руд черных и цветных металлов и горно-химического сырья в зависимости от производительности горизонта располагают на штреке или в ортах. Протягивание вагонеток при погрузке осуществляется электровозом, поэтому не требуется применения дополнительного маневрового оборудования. При загрузке обычных вагонеток (не оборудованных козырьками для перекрытия межаванеточного пространства) во время прохода межаванеточного пространства под погрузочным пунктом погрузку прекращают.

По способу загрузки руды, аккумулируемой в очистном пространстве и выпускаемой на откаточный горизонт, различают погрузочные пункты люковые, оборудованные затворами различных конструкций, скреперные, с вибролюками и вибропитателями, с погрузкой погрузочной или погрузочно-транспортной машиной.

Для погрузки руды в вагонетки широко применяют дистанционно управляемые затворы (см. 12.3), а также высокопроизводительные вибропитатели, обеспечивающие выпуск руды из очистного пространства, и вибролюки, служащие для выпуска руды из рудоспусков (см. 14.3).

Загруженные рудой составы по откаточным выработкам поступают в околоствольный двор, где осуществляется разгрузка вагонеток, дробление руды, ее погрузка в скипы и подъем на поверхность. На рудных шахтах небольшой мощности руда в вагонетках доставляется на поверхность клетевым подъемом.

11.2. Типы и схемы околоствольных дворов

Околоствольный двор, представляющий собой совокупность торных выработок, соединяющих шахтные стволы с откаточными выработками горизонта, предназначен для пропуска грузов, выдаваемых из шахты на поверхность и поступающих с поверхности в шахту, а также для размещения установок энергоснабжения, вентиляции и водоотлива.

В околоствольном дворе производят маневровые операции, сортировку вагонеток с различными грузами, разгрузку вагонеток и загрузку скипов, обмен вагонеток у клетевого подъема, а также прием людей, спускающихся в шахту и поднимающихся на поверхность.

Откаточные пути, находящиеся в околоствольном дворе и примыкающие к путям главной откаточной выработки, состоят из скиповых, клетевых и соединительных (обгонных) путей, которые расположены в соответствующих выработках. Скиповые, клетевые и соединительные выработки могут быть расположены параллельно, перпендикулярно или под углом по отношению к главной откаточной выработке. К транспортным выработкам околоствольного двора примыкают камеры вентиляторной установки, электроподстанции, медпункта и другие камеры служебного и производственного назначения.

По характеру движения вагонеток околоствольные дворы разделяют на тупиковые, в которых изменение направления движения вагонеток осуществляют по челноковой схеме без разворота (рис. 11.1, *а*), и круговые, в которых вагонетки перемещаются по кольцевой схеме (рис. 11.1, *б*, *в*).

Околоствольные дворы с клетевым подъемом и тупиковой схемой откаточных путей характерны для рудных шахт небольшой производительности. Современные мощные рудные шахты имеют, как правило, несколько стволов: главный скиповой — для подъема полезного ископаемого (иногда породы) и вспомогательный клетевой — для подъема породы, вспомогательных грузов, оборудования и людей (рис. 11.2).

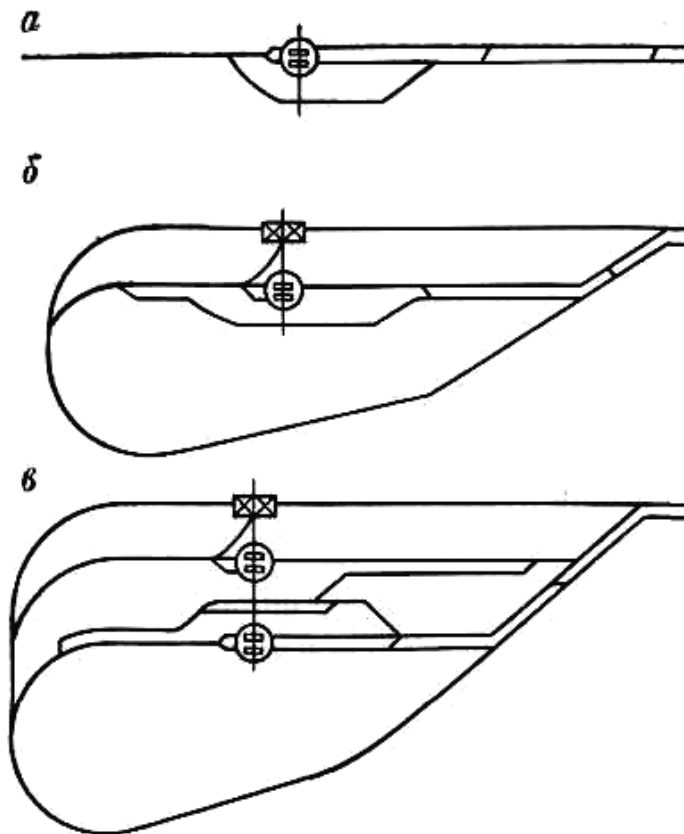


Рис. 11.1. Схемы околоствольных дворов рудных шахт

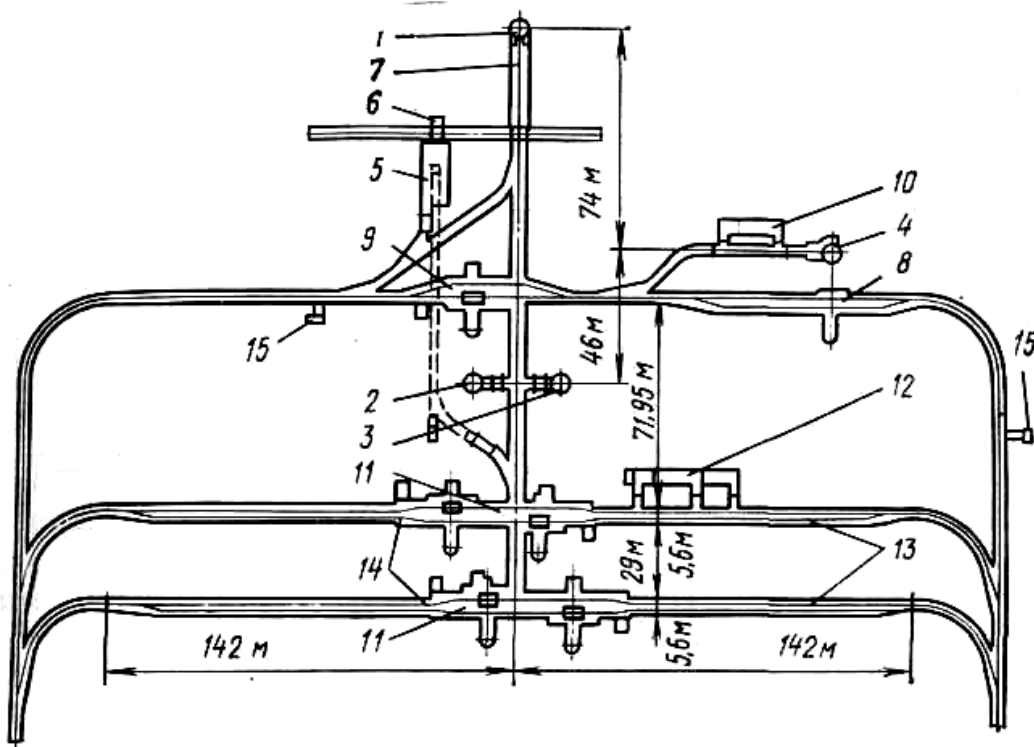


Рис. 11.2. Круговой околоствольный двор мощной современной шахты по добыче руд цветных металлов: 1 — воздухоподающий (грузовой) ствол шахты; 2 — ствол шахты скиповой № 1; 3 — ствол шахты скиповой № 2; 4 — ствол шахты клетевой; 5 — камера вентиляторной установки для проветривания околоствольного комплекса; 6 — вентиляционный восстающий; 7 — камера приема оборудования; 8 — место посадки людей в вагонетки; 9 — камера породного опрокидывателя; 10 — камера ожидания и медпункт; 11 — камеры рудных опрокидывателей; 12 — электроподстанция; 13 — грузовая ветвь околоствольного двора; 14 — порожняковая ветвь околоствольного двора; 15 — восстающий для перепуска воды

В рудных шахтах с конвейерным подъемом руды по наклонному стволу обязательно предусматривают вспомогательный, чаще вертикальный подъем.

11.3. Оборудование околоствольных дворов

При скиповом подъеме руды состав вагонеток подают по рельсовым путям скиповой ветви двора к месту разгрузки, проталкивают его в процессе разгрузки, производят очистку вагонеток, подавление пыли и учет количества вагонеток. Вагонетки с глухим кузовом разгружают в круговых опрокидывателях с расцепкой или без расцепки с проталкиванием толкателями или электровозом, проходящим сквозь опрокидыватель. Очистку вагонеток производят в специальных пунктах или опрокидывателях.

Для аккумуляирования руды, сглаживания неравномерности электровозной откатки, а также для поочередной выдачи одним подъемом нескольких видов полезного ископаемого используют бункеры на колесах (расположенные на скиповых путях груженные составы) или применяют самотечные вертикальные бункеры.

Рассмотрим бункерный комплекс железорудной шахты «Первомайская-1» (рис. 11.3) производительностью 6 млн т руды в год. Комплекс имеет 2 линии скиповых рельсовых путей, каждая из которых оборудована круговым опрокидывателем, приемным бункером вместимостью 220 т и щековой дробилкой. От дробилки руда поступает в вертикальный бункер вместимостью около 1750 т, под которым установлен пластинчатый питатель, а с пластинчатого питателя — на ленточный конвейер и затем перегружается в дозаторы скипового подъема. Дозатор обеспечивает выпуск такого количества горной массы, которое может вместить один скип.

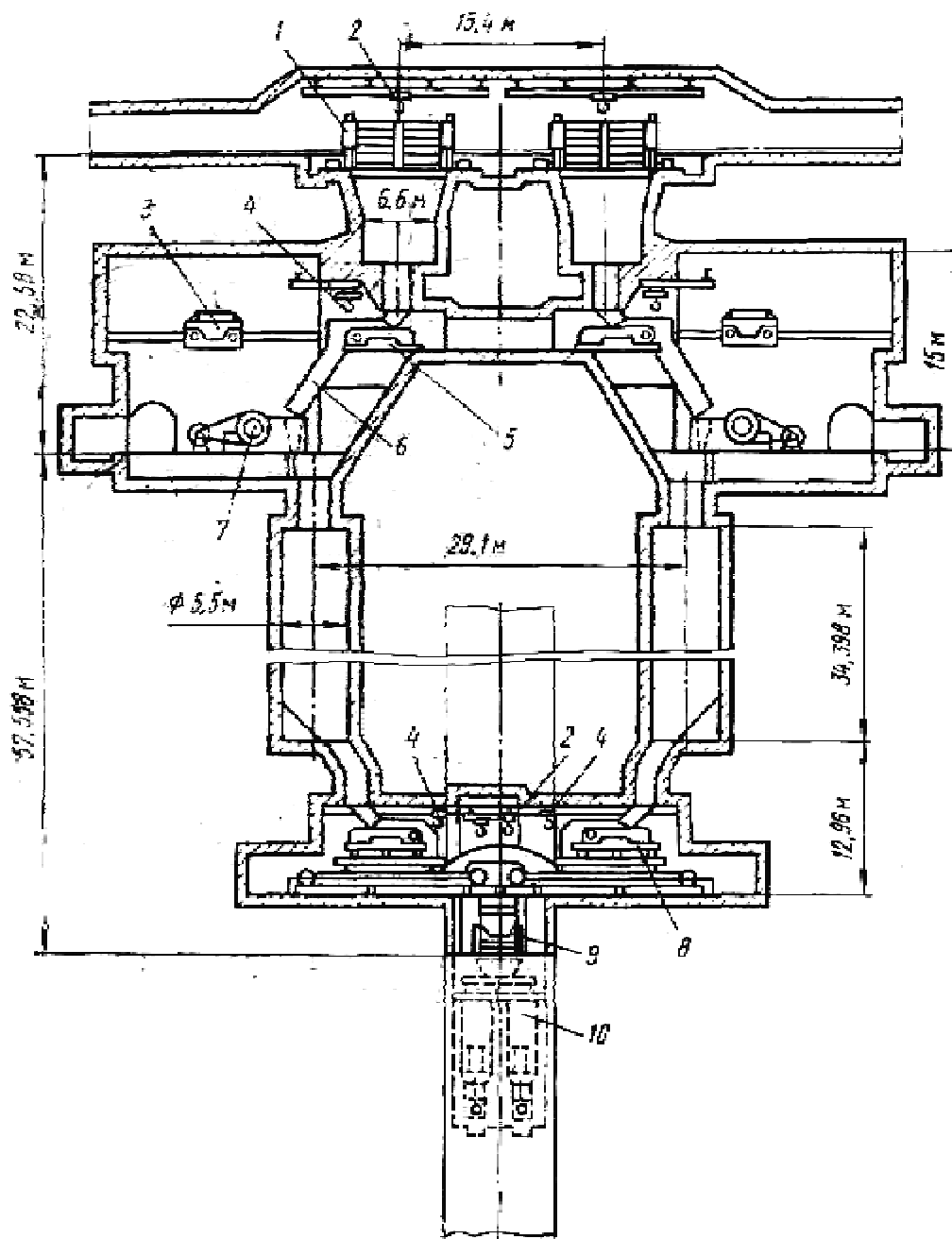


Рис. 11.3. Подземный бункерный комплекс шахты «Первомайская-1»: 1 — круговой опрокидыватель; 2 — подвесной электрический однобалочный кран; 3 — мостовой кран; 4 — таль электрическая; 5 — пластинчатый

питатель тяжелого типа; 6 — колосниковый грохот; 7 — щековая дробилка; 8 — пластинчатый питатель среднего типа; 9 — ленточный конвейер; 10 — дозатор

При клетевом подъеме загрузку вагонеток в клеть осуществляют двумя способами: самокатом по наклонному пути или толкателями. При первом способе движущаяся по наклонному пути груженная вагонетка выбивает стоящую в клетке порожнюю вагонетку и занимает ее место. Вагонетка перед загрузкой в клеть на наклонном пути удерживается дозирующими стопорами. Такой способ загрузки вызывает удары вагонеток друг о друга, недостаточно надежен, поэтому область применения его сужается. Более производительным и надежным является способ обмена вагонеток в клетке с помощью толкателей верхнего или нижнего действия.

Основным транспортным оборудованием околоствольных дворов являются опрокидыватели, толкатели, путевые стопоры.

Для разгрузки вагонеток с глухим кузовом применяют круговые опрокидыватели (на 1 или 2 вагонетки), обеспечивающие разгрузку находящихся в составе нерасцепленных вагонеток. Для обеспечения возможности разгрузки вагонеток в составе без их расцепки опрокидыватели должны быть вращающимися, а центр барабана опрокидывателя должен совпадать с осью вращения сцепки.

Тип круговых опрокидывателей, применяемых на рудных шахтах, зависит от типа разгружаемых в них вагонеток с глухим кузовом и технологической схемы разгрузочного пункта. Круговые опрокидыватели выполняют без пропуска электровоза (типа ОК) и с пропуском электровоза (типа ОКЭ). Кроме того, для разгрузки вагонеток с откидным бортом применяют штоковые опрокидыватели.

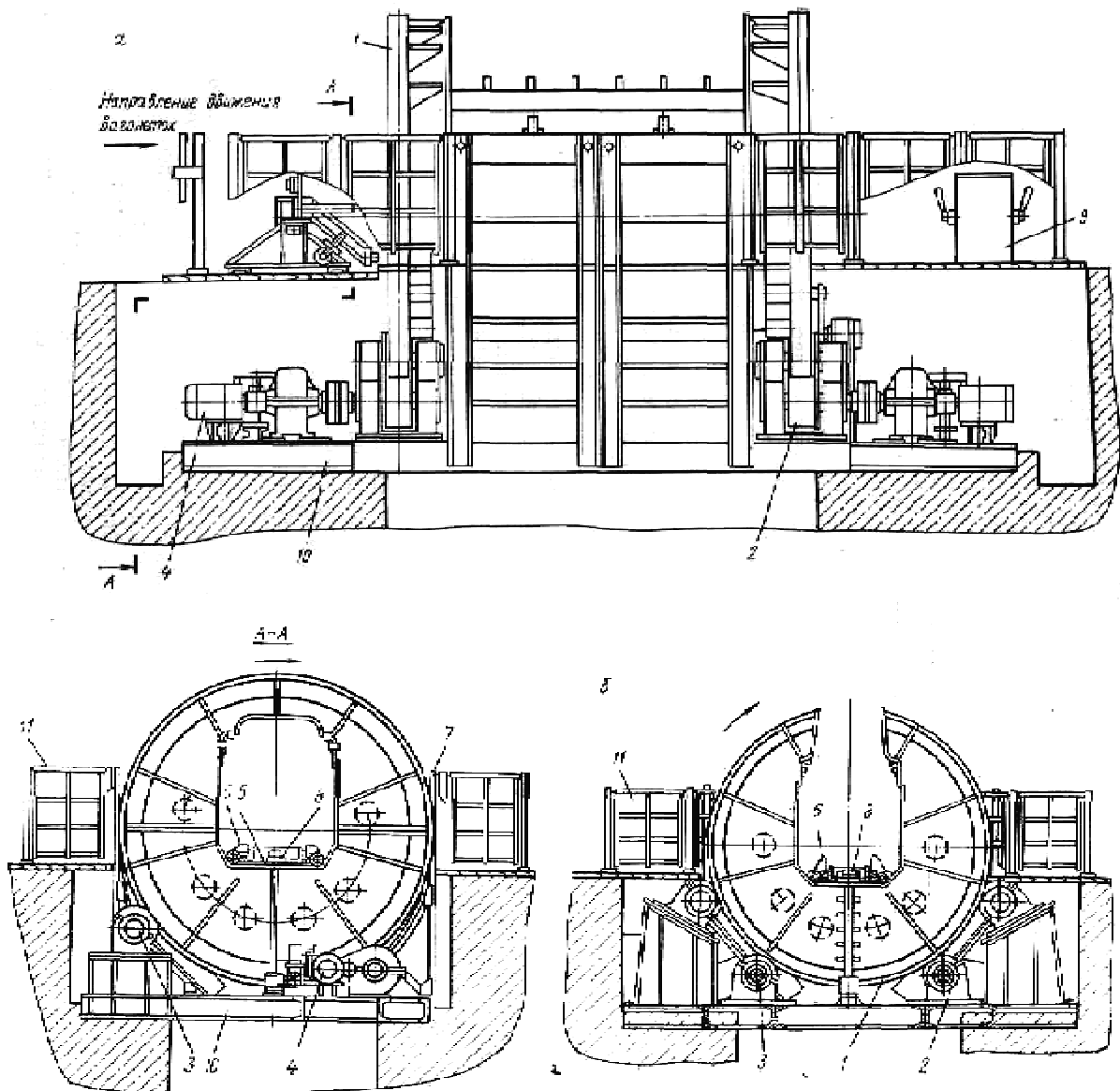


Рис. 11.4. Круговые опрокидыватели: а — типа ОК; б — типа ОКЭ

Опрокидыватели типа ОК (рис. 11.4, а) предназначены для разгрузки одиночных вагонеток и нерасцепленных составов, типа ОКЭ (рис. 11.4, б) — для разгрузки нерасцепленных составов.

В состав опрокидывателей того и другого типа входят: барабан 1, опирающийся на приводные ролики 2 и поддерживающие ролики 3; электропривод 4 с редуктором и электромагнитными тормозами; рельсовая платформа 5, закрепленная внутри барабана 1; стопоры 6 для фиксации вагонетки; отбойный щит 7 для направления потока разгружаемой горной массы в бункер; виброударник 8 для очистки вагонеток с автоматической подачей воздуха; пульт управления 9; рама 10, на которой смонтирован опрокидыватель; ограждения 11.

Подачу вагонеток в опрокидыватель осуществляют электровозом или толкателем. В барабане опрокидывателя типа ОКЭ имеется проем для пропуска токоприемника электровоза.

Предусмотрено как дистанционное кнопочное, так и автоматическое управление опрокидывателем. Нормальный режим работы — автоматический.

Груженная вагонетка подается на рельсовую платформу барабана и фиксируется стопорами, после чего включается привод, опрокидывателя. Барабан поворачивается вместе с вагонеткой, и горная масса высыпается из кузова вагонетки в бункер. При повороте барабана на 180° включается механизм для очистки вагонеток, а после поворота на 360° производится остановка барабана; Стопоры раскрываются и порожняя вагонетка выталкивается из опрокидывателя при раскрытых стопорах, после чего цикл работы опрокидывателя повторяется.

Технические характеристики некоторых типов круговых опрокидывателей приведены в табл. 11.1. В условном обозначении опрокидывателей ОК или ОКЭ цифры после букв соответствуют диаметру барабана в метрах и длине барабана в сантиметрах.

Т а б л и ц а 11.1

Технические характеристики круговых опрокидывателей

Параметры	ОК2,5-150	ОК2,8-296	ОК2,8-574	ОК4,0-410	ОКЭ4,0-410	ОКЭ4,0-860	ОКЭ4,0-760
Диаметр барабана, мм	2500	2800		4000			
Длина барабана, мм	1500	2960	5740	4100		8000	7600
Время одного поворота барабана, с	18			20			
Тип разгружаемой вагонетки	ВГО,7	ВГ2,2		ВГ4,5А		ВГ4,5А; ВГ9,0А	ВГ10
Число одновременно разгружаемых вагонеток	1		2	1		2; 1	1
Мощность двигателей, кВт	4	7,5	10	15	30	40	
Масса, т	6,4	10,7	15,4	30,8	44,7	55,8	53,3

Для разгрузки вагонеток типа ВБ4А применяют штоковые пневматические опрокидыватели типа ОШП9 и гидравлические типа ОШГ9. Опрокидыватель ОШП9 (рис. 11.5) состоит из подающего цилиндра 1, двух спаренных опрокидывающих цилиндров 2 и 3 с крюками, фиксирующими вагонетку на рельсах при разгрузке, пульта управления 4 и ограждений 5.

Разгрузка вагонетки осуществляется следующим образом. С помощью электровоза вагонетку устанавливают перед опрокидывателем. Оператор, управляя краном пневмосистемы, подает сжатый воздух в подающий цилиндр 1, который приводит опрокидывающие цилиндры 2 в рабочее положение. При этом крюки штоков цилиндров 2 и удерживающий крюк 3 набрасываются на соответствующие кронштейны вагонетки. При подаче воздуха в опрокидывающий цилиндр днище вагонетки наклоняется, борт откидывается, и горная масса разгружается. Затем оператор возвращает опрокидывающие цилиндры в исходное положение, и цикл разгрузки следующей поданной электровозом вагонетки повторяется.

Перемещение отдельных вагонеток или составов при маневровых операциях на погрузочных и обменных пунктах осуществляется маневровыми лебедками или толкателями.

Для остановки и дозирования при обмене вагонеток в клетях и опрокидывателях применяют путевые стопоры.

Маневровые лебедки используют на приемно-отправительных станциях в околоствольных дворах и на поверхности. Широко применяют однобарабанные лебедки с дистанционным управлением, двухбарабанные типа МК и др.

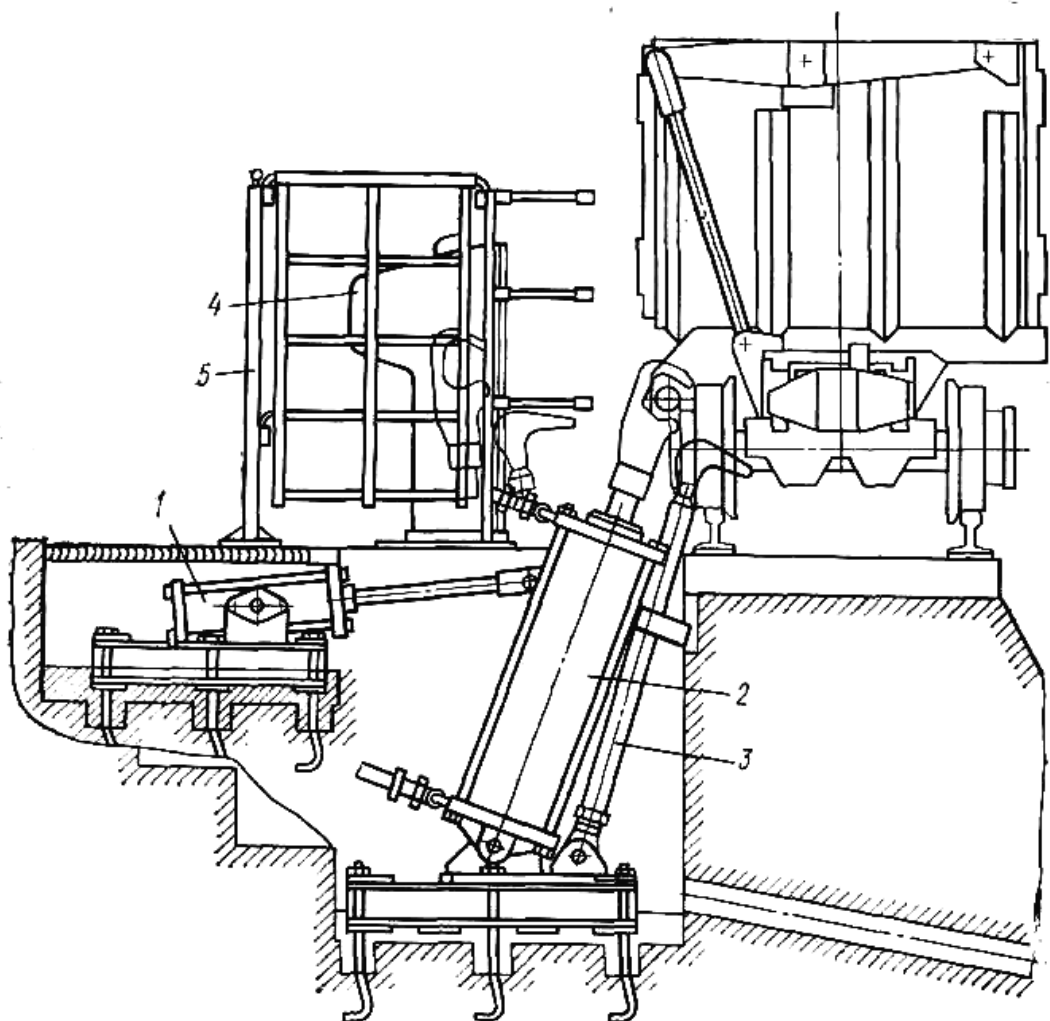


Рис. 11.5. Штоковый опрокидыватель ОШП9

Однобарабанная маневровая лебедка типа ЛВД (рис. 11.6) состоит из барабана 3, планетарного редуктора 2, двигателя 5, фрикциона 1, ленточного тормоза 4, механизма дистанционного управления 6 и храпового стопора 7. Плавное соединение и отсоединение барабана и привода производят фрикционным 1, а торможение и стопорение барабана — ленточным тормозом 4.

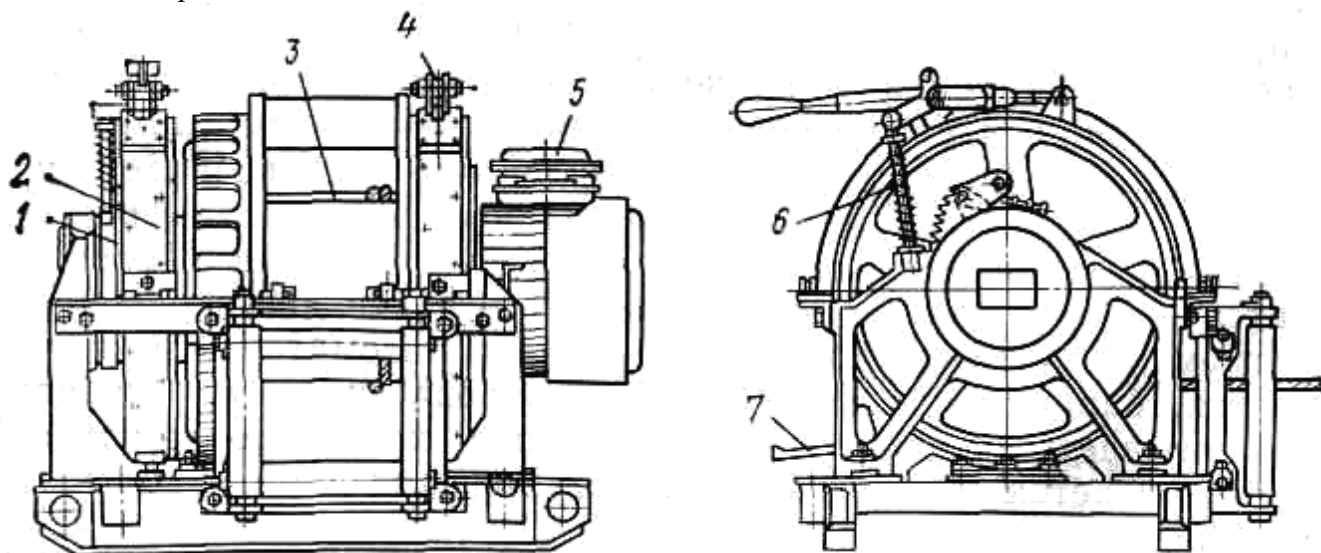


Рис. 11.6. Однобарабанная маневровая лебедка типа ЛВД

Механизм дистанционного управления 6 обеспечивает при пуске двигателя автоматическое затягивание тормоза фрикциона и присоединение барабана к приводу, после чего производится навивка каната на барабан. При пуске двигателя в обратном направлении тормоз фрикциона автоматически открывается, барабан отсоединяется от привода, и канат свободно разматывается с барабана. С помощью храпового стопора 7 обеспечивается стопорение барабана лебедки при работе на уклоне.

Выпускают 8 унифицированных моделей лебедок типа ЛВД с тяговым усилием от 63 до 18 кН при скорости перемещения каната от 0,25 до 0,7 м/с, канатоемкостью барабана 200—350 м, диаметром каната 12,5 мм и мощностью двигателя от 3 до 13 кВт.

Толкатели предназначены для перемещения одиночных вагонеток или составов. Принцип действия толкателя — захват вагонетки кулаком снизу за подвагонный упор, ось, буфер или сверху за кузов и дальнейшее проталкивание вагонетки на небольшое расстояние. В качестве тяговых органов, на которых закреплены толкающие кулаки, применяют цепи, штанги или канаты, приводимые в движение от электрического, электрогидравлического или пневматического привода.

В передвижном бесфундаментном канатном толкателе типа ТКО тяговым органом является бесконечный канат, рабочая ветвь которого соединена с толкающей кареткой. Толкатели этого типа применяют для перемещения одиночных вагонеток и составов на прямолинейных и криволинейных участках рельсового пути.

Для обмена вагонеток в клетях используют агрегаты типа АПГ с пневматическим приводом. Эти агрегаты предназначены для гашения скорости и полной остановки подходящей к шахтному стволу вагонетки, удержания ее на путях приемной площадки во время движения клетки по стволу и заталкивания вагонетки в клеть при обмене порожней вагонетки на груженую и наоборот.

Путевые стопоры предназначены для остановки и удержания вагонеток на самокатных путях, а также для дозировки при обмене вагонеток в клетях или опрокидывателях. Стопор состоит из двух кулаков, которые в закрытом положении находятся на головках рельсов, а при открытом — отклонены в стороны. Вагонетка при своем движении по самокатным путям наезжает колесами на кулаки и останавливается. Для плавной остановки вагонетки и гашения усилий на кулаки устанавливают пружинные амортизаторы. Открывание кулаков может осуществляться вручную или от пневматического или электромагнитного привода, управляемого дистанционно.

По назначению стопоры разделяют на задерживающие и дозирующие: задерживающие — имеют одну пару кулаков и обеспечивают только остановку отдельных вагонеток, а дозирующие — две пары кулаков и обеспечивают удержание и отделение от состава по одной или несколько вагонеток.

Вопросы для самопроверки

1. Перечислите механизмы, которые относятся к вспомогательному оборудованию электровозного транспорта.
2. Начертите принципиальную схему опрокидывателя и объясните принцип его действия.
3. Объясните функциональное назначение толкателей, перечислите их основные конструктивные особенности.
4. Чем отличаются конструкции маневровой и скреперной лебедок?

III. МАШИНЫ РУДНИЧНОГО ТРАНСПОРТА НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

12. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ДОСТАВКИ ПОД ДЕЙСТВИЕМ СОБСТВЕННОГО ВЕСА

12.1. Общие сведения

Перемещение грузов под действием собственного веса, или самотечная доставка, основано на скатывании или сползании груза по наклонной плоскости (по почве очистного пространства, металлическим желобам, деревянному или бетонному настилу, трубам) или на свободном падении по вертикали (по рудоспускам).

Преимуществами этого вида доставки являются: простота устройства, отсутствие электромеханического оборудования, относительно высокая производительность, возможность использования транспортных выработок в качестве аккумулялирующих емкостей. Недостатки: значительный износ доставочных устройств и выработок, возможное разубоживание доставляемой руды, зависимость работы от свойств доставляемой руды (кусковатость, влажность и др.).

Доставка грузов под действием собственного веса широко применяется на очистных работах в забоях рудных шахт, при закладке выработанного пространства, проведении восстающих выработок, подаче бетонной смеси по скважинам в период строительства шахты, в технологических комплексах поверхности шахт и т. д.

Перемещение груза массой m по наклонной плоскости (рис. 12.1) происходит при таком угле наклона, при котором составляющая собственного веса $mg \sin b$ оказывается больше силы трения $mgf \cos b$, т.е.

$$mg \sin b > mgf \cos b \text{ или } \operatorname{tg} b > f,$$

где f — коэффициент трения скольжения частицы груза по наклонной плоскости.

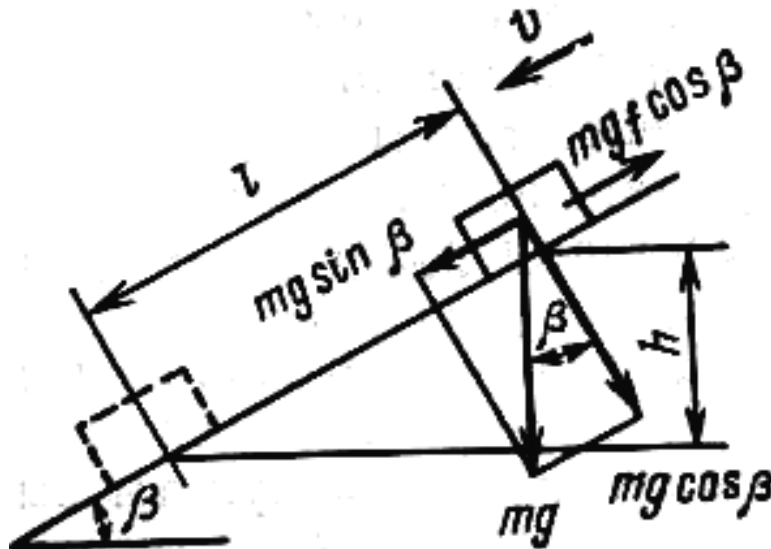


Рис. 12.1. Силы, действующие при скольжении груза по наклонной плоскости

При $\operatorname{tg} b > f$ происходит равноускоренное движение груза, при этом минимальное значение угла наклона плоскости, при котором начинается движение, $b_{\min} = \operatorname{arctg} f$.

Сила (Н), под действием которой груз движется вниз,

$$F = mg (\sin b - f \cos b),$$

а ускорение (м/с²)

$$a = F/m = g (\sin b - f \cos b).$$

Определим конечную скорость v_k движения частицы груза на длине пути l . Для этого кинетическую энергию груза приравняем к работе силы F на этом пути:

$$\frac{m(n_k^2 - n_n^2)}{2} = Fl = \frac{mg(\sin b - f \cos b)}{\sin b} h$$

откуда конечная скорость (м/с)

$$n_k = \sqrt{2g(1 - f \operatorname{ctg} b)h + n_n^2}$$

где $h = l/\sin b$ — перепад высоты, м.

При скатывании горной массы по наклонной плоскости или при вертикальном падении отдельные куски, имеющие разные массу и размеры, сталкиваются между собой, перемещаются скольжением или перекатываются, поэтому скорость перемещения грузопотока несколько отличается от скорости перемещения отдельных кусков горной массы. Максимальную конечную скорость грузопотока v_k рекомендуется принимать не более 2—2,5 м/с.

При открытом очистном пространстве руда под действием собственного веса перемещается по почве с углами наклона $\beta = 45^\circ\div 55^\circ$, при заполнении пространства обрушенной массой — с углами $\beta = 65^\circ\div 80^\circ$ (большие углы наклона соответствуют условиям доставки влажной руды). При доставке руды по стальным листам $\beta = 35^\circ\div 50^\circ$.

12.2. Доставка руды в забоях и по рудоспускам

Благодаря простоте и высокой производительности доставки под действием собственного веса при выборе системы разработки стремятся использовать именно этот способ доставки руды из очистного пространства.

Наибольшее распространение получила доставка руды под действием собственного веса непосредственно по очистному пространству, например, при отработке крутопадающих месторождений с подэтажным или этажным принудительным обрушением, при донном и торцовом выпусках руды, по рудоспускам. Почти весь объем подземной добычи железных и апатитовых руд и больше половины добываемых руд цветных металлов доставляют таким способом от места отбойки на подэтажные выработки, по которым далее руду транспортируют различными средствами рудничного транспорта к рудоспускам или околоствольному двору.

Для систем разработки с магазинированием в блоках и с донным выпуском руды предусматривают специальные выпускные выработки, а пункты выпуска руды оборудуют затворами или питателями. Очистное пространство либо поддерживается естественным образом при устойчивых окружающих породах, либо заполняется обрушенными породами по мере выпуска руды.

При отработке крутопадающих месторождений с выемкой этажным или, чаще, подэтажным обрушением производят торцовый выпуск руды в выработку (подэтажный штрек), по которому руду доставляют самоходными транспортными машинами или конвейерами. С целью обеспечения непрерывного истечения руды с наименьшим ее разубоживанием породой в призабойном пространстве над подэтажным штреком обычно оставляют козырек-потолочину. Погашение подэтажного штрека производят в отступающем порядке по мере отбойки руды (см. рис. 3.2). Кроме этого широко применяют доставку руды самотеком при отработке рудного тела наклонными слоями с закладкой выработанного пространства.

При разработке мощных и средней мощности рудных тел руду с вышележащих горизонтов на нижележащие доставляют самотеком по вертикальным или наклонным рудоспускам, которые располагают в рудном теле, боковых породах или в выработанных пространствах подлежащих закладке. Применяют рудоспуски с креплением и, чаще, без крепления. Так как крепь быстро изнашивается, рудоспуски стараются по возможности располагать в устойчивых породах.

Угол наклона b рудоспусков принимают в зависимости от физико-механических свойств руды: при глинистой руде влажностью свыше 10% $\beta \geq 65^\circ$; при кусковатой руде с содержанием до 25% липких фракций $\beta = 60^\circ$; при кусковатой руде с содержанием до 25% мелких фракций $\beta = 50^\circ$.

Диаметр рудоспуска должен быть в несколько раз больше максимального размера куска доставляемой руды: обычно при кусках руды размером от 400 до 800—1000 мм диаметр рудоспуска составляет 1,5—3 м. По мере эксплуатации и износа стенок диаметр рудоспуска увеличивается.

Различают рудоспуски участковые, проходимые в пределах одного этажа и предназначенные для доставки руды с горизонта выпуска на откаточный горизонт, и капитальные рудоспуски, проходимые на высоту нескольких этажей и предназначенные помимо перепуска также для аккумулялирования больших объемов руды и ее усреднения.

Руду к участковому рудоспуску (рис. 12.2) доставляют скреперными установками, самоходными машинами, конвейерами или самотеком. Над рудоспуском оборудуют камеру грохочения, где укладывают колосниковый грохот — решетку, выполненную обычно из

рельсов. Большие некондиционные куски руды, застрявшие на грохоте, подвергают с помощью бутобоев вторичному дроблению. При использовании мощного самоходного оборудования необходимость в камерах грохочения отпадает.

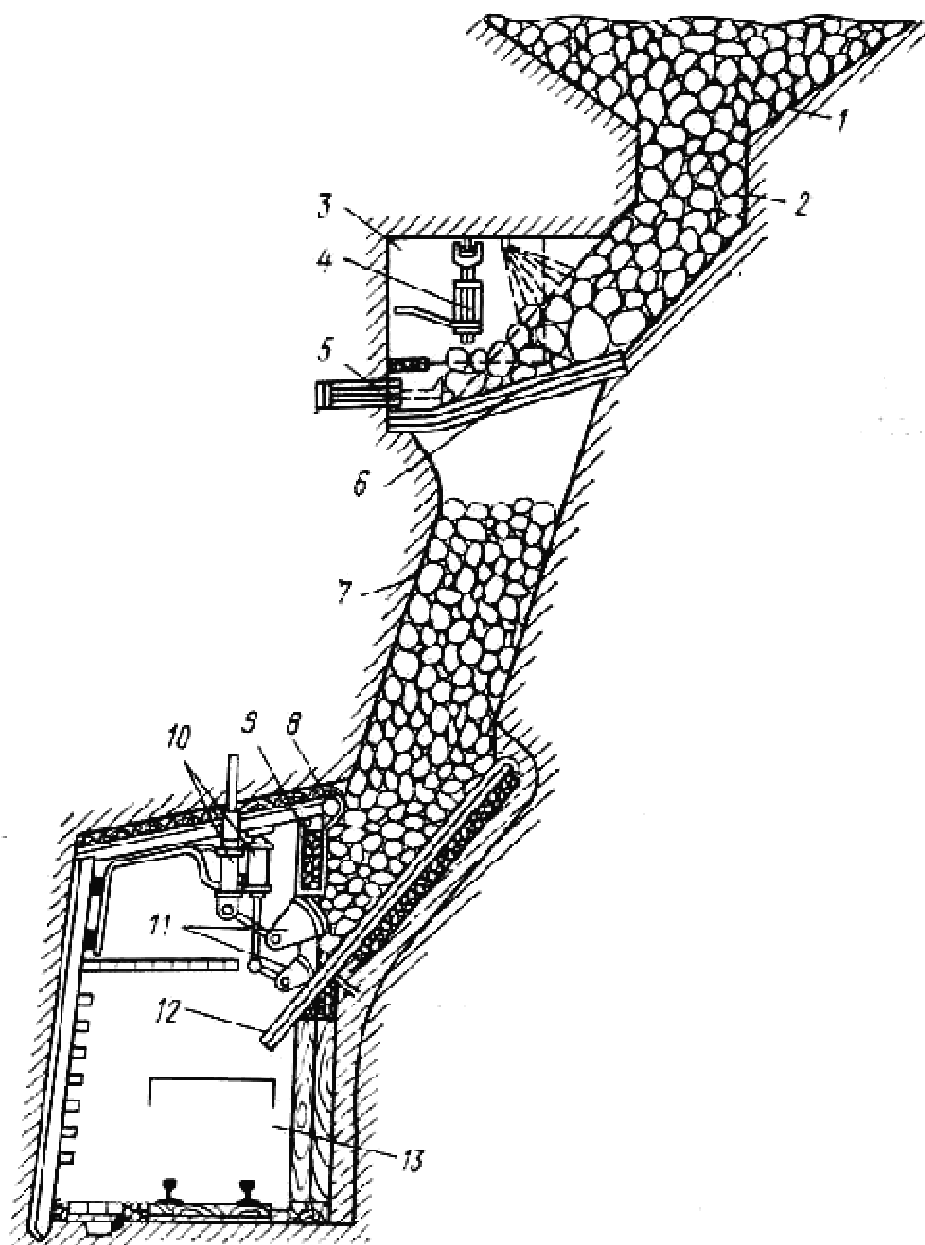


Рис. 12.2. Участковый рудопуск с люком, оборудованным двухсекторным затвором: 1 — воронка; 2 — дучка; 3 — орт грохочения; 4, 5 — пневматические бутобои; 6 — грохот; 7 — рудопуск; 8 — отбойник; 9 — лобовина; 10 — пневмоцилиндры; 11 — двухсекторный затвор; 12 — днище; 13 — откаточный горизонт

Высоту рудопуска и его вместимость принимают из условия аккумуляирования руды в объеме 2—3-часовой производительности транспортной установки, обслуживающей рудопуск.

В нижней части рудопуск оборудуют люком с затвором или питателем для погрузки руды в транспортные установки.

Капитальные рудопуски служат для перепуска, аккумуляирования и усреднения руды, поступающей с нескольких эксплуатационных горизонтов, на которых в местах перегрузки руды в рудопуск оборудуют разгрузочные камеры, соединенные с рудопуском наклонными сбойками. Нижняя расширенная часть капитального рудопуска выполняет функции аккумуляирующего 'бункера. Из капитальных рудопусков руду через люки, оборудованные затворами или питателями, загружают в вагоны локомотивного транспорта.

Руду к капитальным рудопускам транспортируют с нескольких эксплуатационных горизонтов, на которых в местах перегрузки руды в рудопуск оборудуют специальные камеры. Из капитальных рудопусков руду через люки загружают в вагоны.

Капитальные рудопуски на крупных рудных шахтах, служащие для аккумуляирования руды, поступающей с отдельных рудных тел, а также рудопуски, находящиеся в околоствольном дворе, оборудуют дробилками, после которых дробленая руда поступает самотеком либо в вагоны, либо к загрузочному устройству скиповой установки.

Высота капитальных рудоспусков может достигать нескольких сотен метров. Высота заполнения рудоспуска ограничивается способностью руды к сводообразованию, а также необходимостью обеспечения разгрузки руды в рудоспуск с нескольких эксплуатационных горизонтов. Для предохранения загрузочных устройств от ударных нагрузок нижнюю бункерную часть рудоспуска сохраняют заполненной рудой минимум на высоту буферной подушки.

Глубокие рудоспуски обладают большой аккумулялирующей способностью, что обеспечивает независимость процессов доставки руды в рудоспуск и транспорт руды от рудоспуска.

12.3. Люки, оборудованные затворами и питателями

Устройство, располагаемое в нижней части выпускной воронки или рудоспуска, через которое производят выпуск и погрузку горной массы, называется люком. Люки оборудуют затворами или питателями, предназначенными для управления грузопотоком горной массы. Затворы обеспечивают только перекрытие и регулирование подачи горной массы, а питатели, кроме того, равномерную и непрерывную ее подачу со значительно большей производительностью.

Конструкцию люка выбирают в зависимости от объема горной массы, пропускаемой через данный люк, ее гранулометрического состава и влажности, требуемой производительности и вместимости кузова загружаемого вагона. К конструкции люка предъявляют следующие требования: прочность, обеспечение безопасной и надежной работы без просыпи на почву и полноты загрузки кузовов вагонов, возможность более простого способа ликвидации образующихся над люком заторов.

Люк состоит из днища, бортов, лобовины, отбойника, затвора и привода управления затвором. Воспринимающее большие нагрузки днище изготавливают из заделанных в бетон рельсов, стальных листов толщиной до 25 мм или броневых плит толщиной до 80 мм. Лобовину и отбойник также выполняют из рельсов или из дерева, которое обшивают металлом. Угол наклона днища в зависимости от свойств выпускаемой горной массы составляет 40—65°.

Управление затвором может быть ручным или механическим. Наибольшее распространение получили затворы с пневматическими приводами (пневмоцилиндрами), пульт управления которыми располагают у погрузочного полка или в откаточной выработке.

Затворы, применяемые для оборудования люков, можно разделить по принципу действия на две группы: с отсечением струи горной массы и с созданием подпора струи. К первой группе относятся шиберные, секторные, пальцевые и цепные затворы, ко второй — лотковые. Кроме того, применяют комбинированные затворы — сочетание секторного, пальцевого или цепного затворов с лотковым.

Преимущества всех затворов — простота конструкции, недостатки — трудность ликвидации заторов руды, образующихся над люком. Затворы вполне удовлетворительно работают при крупности отдельных кусков выпускаемой горной массы до 400 мм (максимальная крупность — не более 600 мм).

Шиберный затвор (рис. 12.3, а), представляющий собой плоскую задвижку, которую перемещают в направляющих, применяют при выпуске среднекусовой горной массы невысокой крепости. Основной недостаток шиберного затвора — перекосящая задвижку, что вызывает большие сопротивления при ее открывании и закрывании и просыпь.

Секторные затворы могут быть с верхней отсечкой — секторный обратный (рис. 12.3, б), с нижней отсечкой — секторный прямой (рис. 12.3, в) и двухсекторные (рис. 12.3, г). Секторные затворы обеспечивают наиболее плотное закрытие выпускных отверстий люков. Односекторные затворы обычно применяют при крупности выпускаемой горной массы 200—300 мм, двухсекторные — при крупности 400—500 мм.

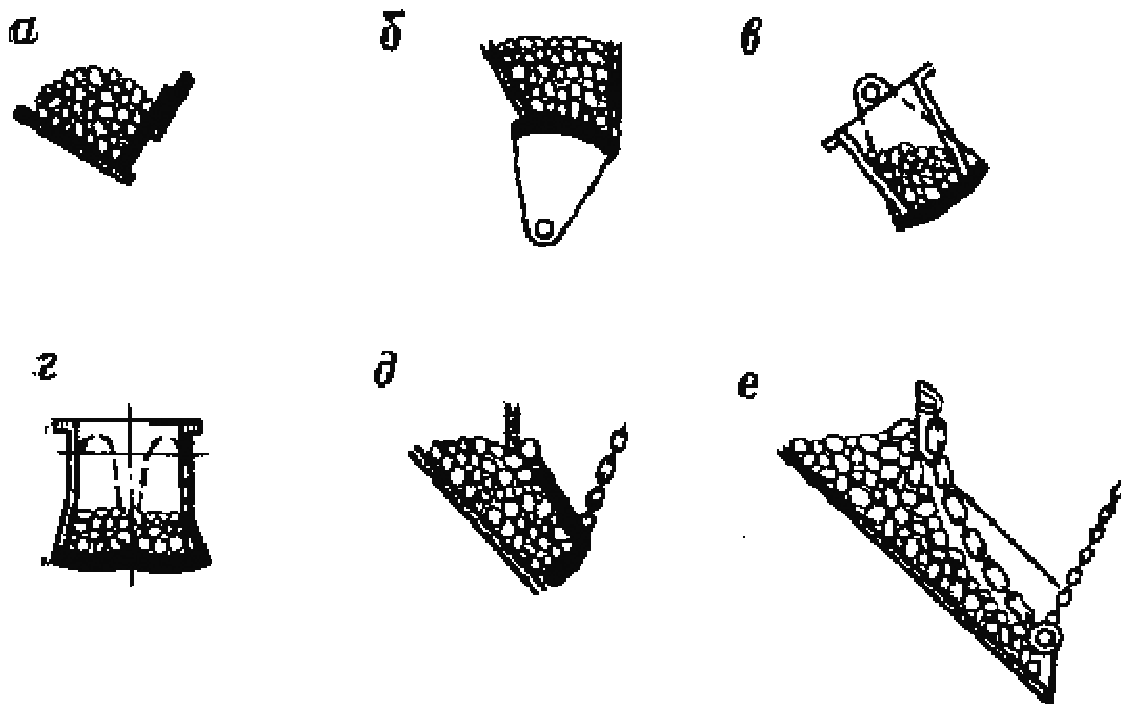


Рис. 12.3. Затворы: а — шиберный; б — секторный обратный; в — секторный прямой; г — челюстной; д — пальцевый; е — цепной

Односекторный затвор с верхней отсечкой обеспечивает возможность регулирования потока горной массы при неполном открывании, но в момент закрытия возможно защемление от дельных кусков. Односекторный затвор с нижней отсечкой обеспечивает более плотное закрытие без защемления отдельных кусков руды.

Двухсекторный затвор объединяет преимущества односекторных затворов с верхней и нижней отсечкой. При погрузке открывают и закрывают только нижний сектор (см. рис. 12.2), а верхний находится в приподнятом на 200—300 мм положении и служит для регулирования потока и пропуска отдельных крупных кусков при дополнительном его подъеме. Разновидностью секторных затворов является челюстной затвор (рис. 12.3, г).

Пальцевый затвор (рис. 12.3, д) состоит из шарнирно закрепленных 5—7 пальцев, изготовленных из рельсов или двутавров. Каждый палец, независимо от других, под действием силы тяжести ложится на крупный кусок и зажимает его на плоскости лотка, закрывая тем самым выпускное отверстие люка. Пальцы сверху объединены отрезками цепей, которые через трос соединены со штоком пневмоцилиндра управления затвором. Пальцевые затворы применяются при загрузке вагонов с кузовом вместимостью до 4 м³ рудой крупностью до 600 мм (для вагонов большей вместимости возможна загрузка руды большей крупности).

Цепной затвор (рис. 12.3, е) состоит из отдельных отрезков круглозвенной цепи длиной до 1,5 м, подвешенных в верхней части на горизонтальном стержне, а снизу (по концам) снабженных грузами. Цепи поднимают через щель пневмоцилиндром. По сравнению с пальцевым затвором цепной затвор проще по конструкции, надежнее в работе, лучше удерживает мелочь, однако при его использовании затрудняется ликвидация затворов руды.

В лотковом затворе регулирование потока выпускаемой руды производят путем изменения угла наклона лотка. Лотковые затворы применяют для поперечной и продольной загрузки вагонов рудой различной крупности.

Комбинированные затворы состоят из двух затворов, например пальцевого и лоткового (рис. 12.4) или цепного и лоткового. Один затвор отсекает поток руды, другой — регулирует поток и исключает переполнение вагонов рудой. Такие комбинированные затворы применяют при неравномерной кусковатости выпускаемой руды.

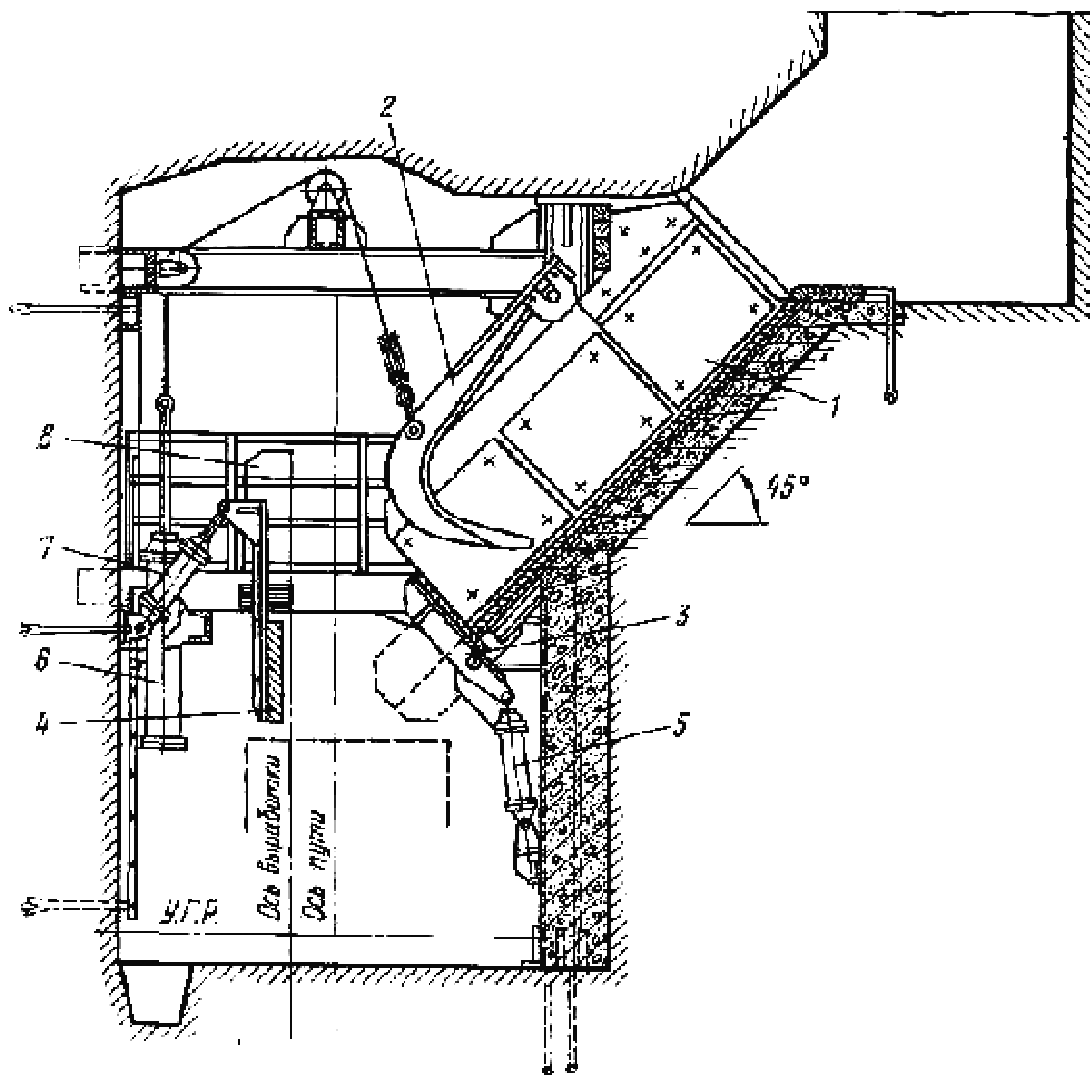


Рис. 12.4. Люк с комбинированным затвором (пальцевым и лотковым): 1 — металлоконструкция; 2, 3 — затворы соответственно пальцевый и лотковый; 4 — отбойник; 5—7 — пневмоцилиндры управления соответственно лотковым и пальцевым затворами и отбойником; 8 — пульт управления

Эксплуатационная производительность люка зависит от размеров выпускного отверстия, конструкции затвора, характеристики выпускаемой горной массы, вместимости вагонов и организации электровозной откатки. Ширину (мм) выпускного отверстия люка b принимают не менее трехкратного размера (мм) кондиционного куска a выпускаемой руды ($b \geq 3a$), высота выпускного отверстия $h = 1,25 b$.

Недостаток погрузочных пунктов, оборудованных затворами, — относительно невысокая производительность и ее зависимость от размеров куска руды: чем больше выход негабарита, тем больше число зависаний и меньше производительность люка. На железорудных шахтах Сибири было установлено, что при снижении выхода негабарита с 6—8 до 2—4% число зависаний снижается в среднем с 8,3 до 3,8 на 1000 т добытой руды.

Эксплуатационная производительность люков с секторным затвором с выпускным отверстием 1360×780 мм составляет 150—200 т/ч, с цепным затвором с выпускным отверстием 2400×1600 мм — 400—450 т/ч. Месячная пропускная способность достигает 120 тыс. т.

Для загрузки вагонов большой вместимости (9 м³) в погрузочных пунктах устанавливают два затвора рядом, что позволяет загружать вагон одновременно по всей длине кузова, увеличивая тем самым производительность погрузки.

С целью интенсификации выпуска руды люковые затворы заменяют питателями, которые обеспечивают значительно большую производительность, безопасность и надежность, возможность автоматизации загрузки вагонов. Наибольшее распространение получили вибрационные питатели, реже применяются качающиеся питатели. Вибрационные питатели обеспечивают техническую производительность до 1500 т/ч и позволяют повысить производительность труда в 2—2,5 раза по сравнению с погрузочными пунктами, оборудованными затворами (см. 14.3).

12.4. Эксплуатация и правила безопасности

Так как перемещение горной массы осуществляется под действием силы тяжести и, по существу, неуправляемо, вопросам эксплуатации и техники безопасности данного вида доставки необходимо уделять особое внимание.

При эксплуатации действующие выпускные отверстия должны быть заполнены отбитой рудой, а недействующие — перекрыты. Расположение выпускных отверстий, выходящих на горизонт грохочения или скреперования, определяют по проекту. При расположении выпускных выработок, выходящих в доставочную выработку одна против другой, выпуск можно вести только из одной выпускной выработки при условии, что самопроизвольный выпуск руды из второй выработки исключается.

При выпуске под действием собственного веса происходит зависание руды в горловинах выпускных выработок по причине заклинивания выработки (дучки) негабаритными кусками или заклинивания в результате определенной комбинации отдельных габаритных и негабаритных кусков, слеживаемости при длительных перерывах выпуска и др. Зависания ликвидируют взрыванием зарядов, устанавливаемых на шестах в выпускных выработках, специальными гранатометами, пневмоимпульсными устройствами (рис. 12.5, а). Пневмоимпульсные устройства позволяют ликвидировать зависания с помощью сжатого воздуха, а также, насыщая рудную массу воздухом, способствуют предупреждению сводообразования.

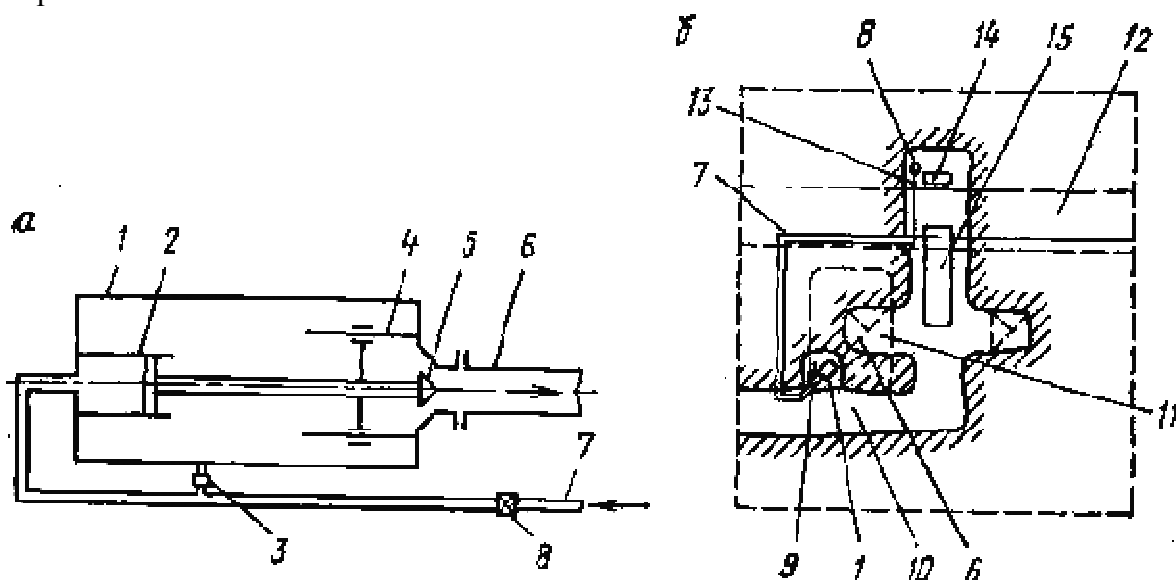


Рис. 12.5. Схема пневмоимпульсного устройства (а) и план горизонта выпуска с установкой в дучке пневмоимпульсного устройства (б)

Пневмоимпульсное устройство (пневмопушка) включает цилиндрический корпус 1, вспомогательный цилиндр 2, обратный клапан 3, направляющие 4, запорный клапан 5, сопло 6 и кран управления 8.

Работа пневмопушки осуществляется следующим образом: через кран управления 8 сжатый воздух из шахтной магистрали 7 поступает во вспомогательный цилиндр 2, при этом запорный клапан 5 закрывает сопло 6 (трубопровод), и воздух через обратный клапан 3 поступает в корпус 1 пневмопушки. При открывании крана 8 и выпуске воздуха из полости вспомогательного цилиндра 2 запорный клапан 5 резко отходит от сопла 6, после чего сжатый воздух из корпуса 1 пневмопушки по трубопроводу 6 поступает к месту зависания руды.

Пневмоимпульсное устройство 1 устанавливают в специальной нише 9, пройденной с вентиляционной сбойки 10 (рис. 12.5, б). От пневмоимпульсного устройства через отверстие между нишей 9 и дучкой 11 пропускают сопло 6 длиной 3,5—4 м, которое заглубляют в зону завала руды в дучке 11.

К пневмоимпульсному устройству через отверстие, пробуренное с откаточного горизонта 12, подводят трубу 7 для наполнения устройства сжатым воздухом и трубу 13 для управления устройством с помощью крана 8, вынесенного на рабочее место 14 машиниста виброконвейера 15.

Использование пневмоимпульсных устройств способствует увеличению производительности выпуска и доставки руды и безопасности работ.

Во избежание падения людей необходимо ограждать устье рудоспусков барьерными решетками. Для предохранения погрузочных устройств от прямых ударов обязательно наличие в рудоспуске буферного слоя руды. Если в выработках над рудоспуском ведутся взрывные работы, то рудоспуск должен быть заполнен рудой над люком на высоту не менее 3 м.

Механизмы, используемые на выпуске руды, необходимо оборудовать дистанционным и автоматизированным управлением, а также пылеподавляющими установками.

Вопросы для самопроверки

1. При каких условиях происходит перемещение грузов по наклонной, плоскости под действием собственного веса?
2. Назовите основные конструкции затворов и укажите их области применения.
3. Как определить размеры выпускного отверстия люка?

13. КОНВЕЙЕРНЫЙ ТРАНСПОРТ

13.1. Общие сведения

Одним из путей интенсификации и концентрации очистных работ является создание поточной технологии, при которой комплекс горных машин позволяет осуществить непрерывность процессов выпуска, доставки, погрузки, транспортирования и подъема руды. Создание поточной технологии на всех или на отдельных транспортных звеньях горного предприятия невозможно без применения конвейерного транспорта, обеспечивающего непрерывность грузопотока, ритмичность работы и повышение производительности труда при наиболее низкой энергоемкости и трудоемкости процессов доставки и транспортирования руды.

Применение конвейерного транспорта при подземной отработке крутопадающих месторождений крепких руд позволяет сократить число рудоспусков в отрабатываемых блоках и объем проходческих работ, а также сроки подготовки и отработки¹ блоков. Особенно целесообразно применение конвейерного транспорта при разработке мощных месторождений крепких руд с использованием систем с массовым обрушением руды,, позволяющим осуществлять интенсивную отработку блока.

При подземной разработке некрепких неабразивных калийных и марганцевых руд возможна полная конвейеризация транспорта руды от забоя до обогатительной фабрики.

Основными преимуществами конвейерного транспорта являются: непрерывность потока и высокая производительность; большая длина отдельных конвейеров или конвейерных линий и возможность транспортирования под углами 18°; небольшие поперечные размеры става конвейера, допускающие его установку в горных выработках небольшого сечения; возможность монтажа конвейеров в выработках, пройденных по почве неспокойно залегающих пластов; возможность полной автоматизации конвейерных установок с централизованным управлением; повышение безопасности и улучшение условий труда.

Основные недостатки конвейерного транспорта: сложность доставки абразивных крупнокузовых грузов и необходимость предварительного дробления крепких руд; интенсивный износ гибких грузонесущих органов; высокая стоимость оборудования и его монтажа; необходимость дополнительной транспортной системы для доставки вспомогательных грузов.

13.2. Классификация, область применения и схемы конвейерного транспорта

Все типы конвейеров, используемых при подземной добыче руд, по назначению и месту установки подразделяются на конвейеры: для доставки руды из очистных забоев; для доставки руды по аккумулялирующим выработкам, на которые руда подается забойными конвейерами; для транспортирования по магистральным выработкам; для подъема руды по наклонным стволам; для доставки горной массы из подготовительных забоев при проведении выработок.

Конвейеры, расположенные в очистных забоях и аккумулялирующих выработках, могут работать либо из-под навала горной массы, т.е. выпускаемая из дучек руда под действием силы веса поступает на грузонесущий орган конвейера, либо загружаются питателями, обеспечивающими направление потока и предварительную дозировку горной массы. На магистральные и подъемные конвейеры горная масса поступает только с других конвейеров или питателей.

По конструктивному исполнению все применяемые в горнорудной промышленности конвейерные установки разделяются на вибрационные питатели, конвейеры скребковые, пластинчатые, ленточные обычной конструкции и ленточные специальные (для транспортирования крупнокузовых грузов, ленточно-канатные, ленточно-цепные, телескопические, ленточные перегружатели) и конвейерные поезда.

На выпуске и погрузке руды наиболее широко применяются вибрационные питатели (особенно при донном выпуске руды в системах разработки с массовым обрушением). Руда с вибропитателя загружается в вагонетки электровозной откатки (см. рис. 3.1, а), в автосамосвалы (см. рис. 3.1, е), на вибрационный конвейер при отработке блоков системой поэтажного или этажного принудительного обрушения с торцовым выпуском руды (см. рис. 3.1, з) и других транспортных системах.

Скребковые конвейеры, в принципе, могут работать из-под навала руды и доставлять ее по очистным и аккумулялирующим выработкам, однако из-за ненадежности работы под навалом

крепких руд, а также вследствие значительного износа скребковые конвейеры не получили распространения на доставке абразивных крепких руд. Скребковые конвейеры применяют, в основном, при механизированной отбойке калийной руды для ее доставки по забою, штрекам и просекам до магистрального ленточного конвейера. Ввиду значительной липкости марганцевой руды ленточные конвейеры для ее доставки не применяются.

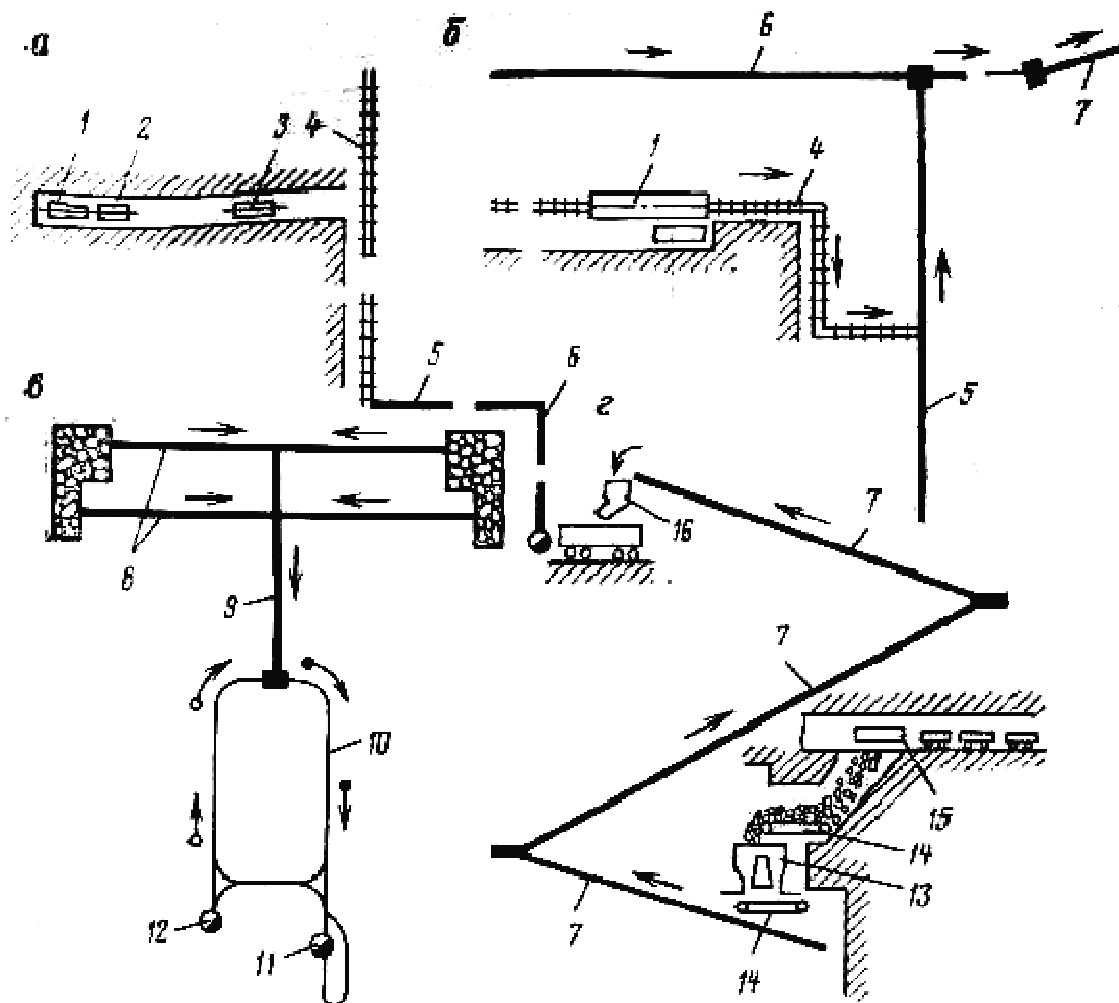


Рис. 13.1. Схемы конвейерного транспорта: а — при камерно-столбовой системе разработки калийных руд; б — при разработке калийных руд длинными очистными забоями; в — при разработке марганцевых руд заходками; г — конвейерный подъем крепких руд (Кировский рудник ПО «Апатит»); 1 — комбайн; 2 — бункер-перегрузочный; 3 — самоходный вагон; 4 — блоковые (забойные) скребковые конвейеры; 5—7 — соответственно панельные, магистральные и подъемные ленточные конвейеры; 8 — ленточные конвейеры в выемочных штреках; 9 — сборочный (аккумулирующий) ленточный конвейер; 10 — трасса электровозной откатки; 11, 12 — вертикальные стволы; 13 — подземная дробилка; 14 — пластинчатые питатели; 15 — опрокидыватель вагонеток; 16 — бункер на поверхности

Пластинчатые конвейеры из-за ненадежности в работе и высокой металлоемкости практически не применяют для доставки руд. Исключение составляют короткие пластинчатые питатели, которые используются для равномерной подачи руды в дробилки или на различные транспортные устройства.

Ленточные конвейеры широко применяют при отработке калийных и марганцевых руд при камерно-столбовой системе разработки (рис. 13.1, а) и отработке длинными очистными забоями (рис. 13.1, б). При системах разработки комбайнами длинными очистными забоями возможна полная конвейеризация: транспорта руды от забоя до поверхности.

При разработке марганцевых руд, например на шахтах Марганецкого ГОКа, применяют ленточные конвейеры. Система отработки здесь полезного ископаемого — длинными столбами с заходками (рис. 13.1, в). В заходках руда по выемочным и аккумуляющим штрекам доставляется ленточными конвейерами до погрузочного пункта локомотивной откатки.

Ленточные конвейеры обычной конструкции со стационарными роlikоопорами могут транспортировать горную массу с размерами отдельных кусков не более 350—500 мм, поэтому их применяют для транспортирования крепкой руды только после измельчения ее в дробилках.

При подземной разработке мощных месторождений крепких руд ленточные конвейеры используют для транспортирования дробленой руды на концентрационных горизонтах и по наклонным стволам до поверхности (рис. 13.1, *г*).

Рассмотрим схему доставки отбитой калийной руды при системе разработки длинными очистными забоями и одновременной работе двух очистных комбайнов (рис. 13.2). Калийная руда забойным скребковым конвейером 1, работающим с двумя комбайнами 2, подается на штрековые скребковые конвейеры 3 и 4, затем перегружается на просековый скребковый конвейер 5 и поступает на панельный ленточный конвейер 6. Лава разделена на две части средним штреком 7, что обеспечивает работу двух комбайнов суммарной производительностью до 600 т/ч.

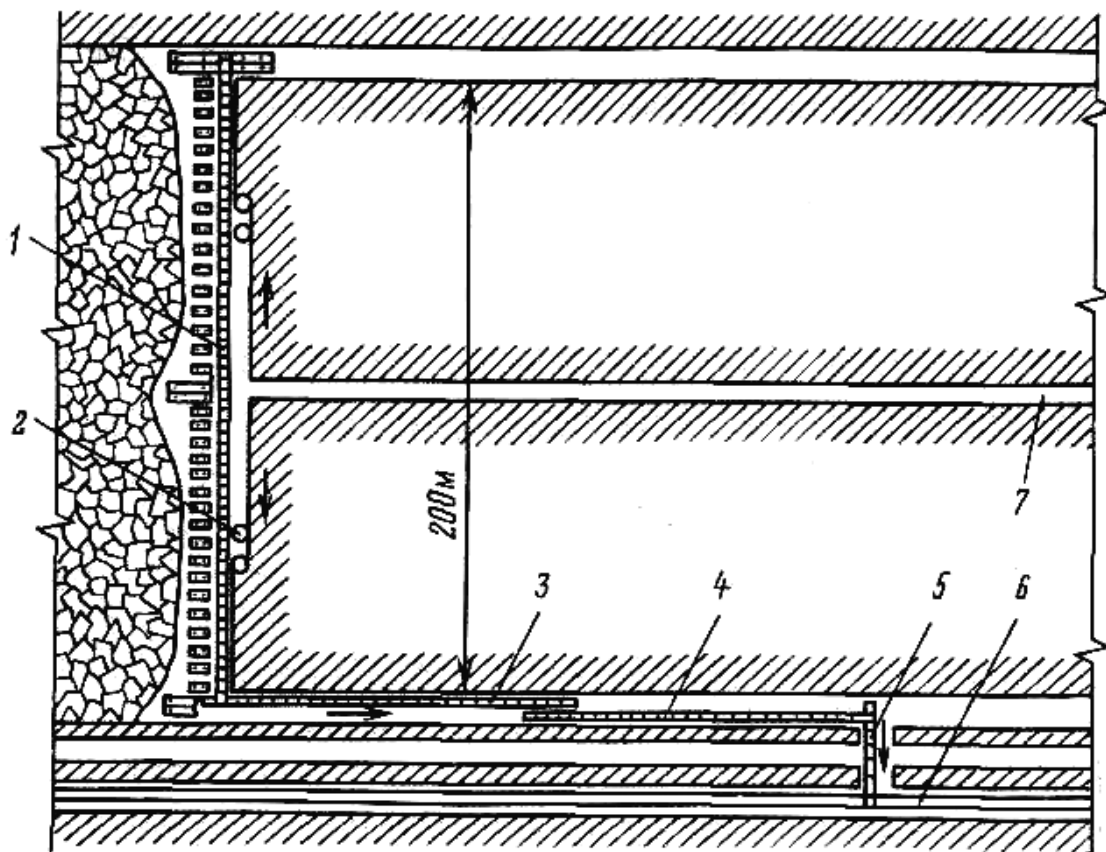


Рис. 13.2. Схема конвейерной доставки калийной руды при системе разработки длинными очистными забоями и работе двух очистных комбайнов

Наиболее характерной схемой ведения очистных работ на марганцевых шахтах является отработка столба заходками. Рассмотрим схему конвейерной доставки марганцевой руды на выемочном участке телескопическими ленточными конвейерами (рис. 13.3). Заходка отрабатывается комбайном, при этом отбитая руда с перегружателя комбайна поступает на забойный конвейер. Небольшая телескопичность (до 2 м) создается за счет расположения конвейерного перегружателя комбайна над забойным конвейером. По мере продвижения комбайна забойный ленточный конвейер удлиняют путем вставки линейных секций длиной до 2 м и отрезков ленты длиной до 4 м.

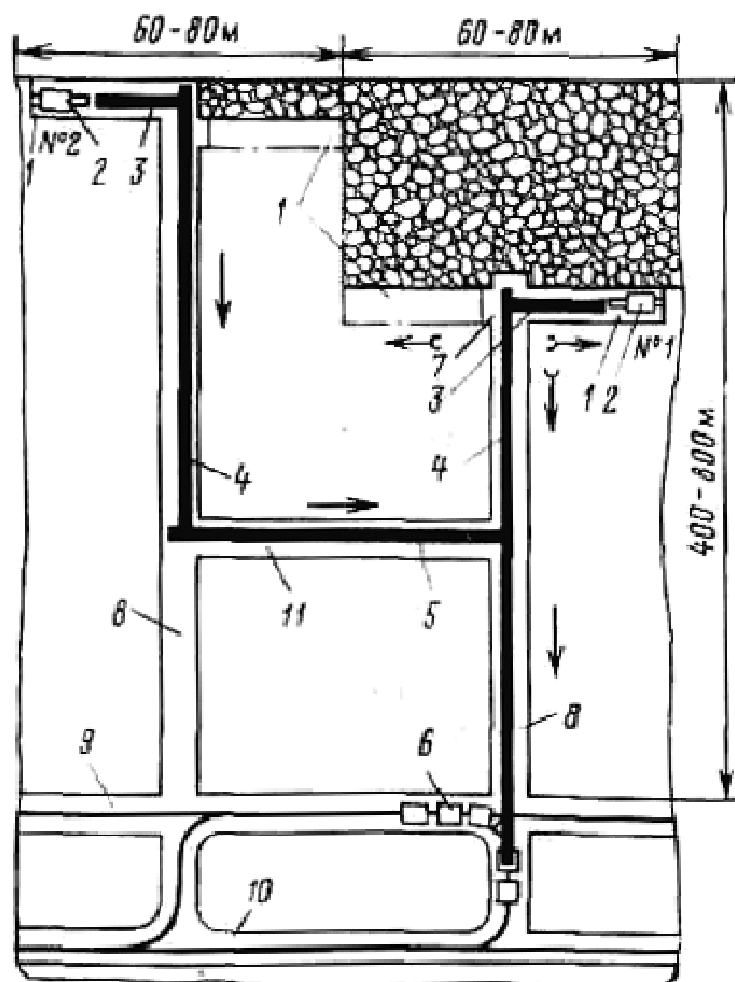


Рис. 13.3. Схема конвейерной доставки марганцевой руды на выемочном участке с использованием телескопических ленточных конвейеров: 1 — заходка; 2 — комбайн КМЩ; 3—5 — конвейеры (3 — забойный; 4 — телескопический; 5 — передаточный); 6 — вагонетки; 7 — ниша; 8—10 — штреки (8 — выемочный; 9 — панельный вентиляционный; 10 — панельный транспортный); 11 — сбойка

После отработки заходки комбайн перегоняют в противоположную заходку, при этом временно убирают конечную станцию штрекового ленточного конвейера и сокращают длину штрекового конвейера на шаг заходки. Для этих целей наиболее целесообразно использовать на штреках телескопические укорачивающиеся ленточные конвейеры, которые позволяют сокращать или удлинять конвейер на длину до 45—48 м без расшивки ленты. При отработке двух смежных столбов для передачи руды из двух забоев на один штрековый конвейер устанавливают передаточный ленточный конвейер.

Область применения ленточных конвейеров на доставке крепких руд может быть расширена путем использования передвижных малогабаритных дробильных установок и полустационарных легкоразборных участковых дробилок. При разработке пологих и горизонтальных рудных залежей шахтное поле разделяют на выемочные участки (панели), для которых сооружают панельные участковые дробильные установки, а при отработке месторождений, представленных мощными крутопадающими рудными телами с устойчивыми вмещающими породами, — централизованные участковые дробильные установки.

Доставка руды к полустационарным дробильным установкам осуществляется погрузочно-транспортными машинами или автосамосвалами через комплекс рудоперепускных выработок, которые также выполняют роль аккумулирующих емкостей, что обеспечивает коэффициент использования полустационарных дробильных установок 0,9—0,95. От полустационарных дробильных установок руда максимальной крупностью 150—200 мм ленточными конвейерами транспортируется в бункер скипового подъема.

Самоходные дробилки выпускают некоторые зарубежные фирмы, например «Игл Крашер» (США). Щековая дробилка смонтирована на гусеничном механизме перемещения, производительность ее 450 т/ч, размер приемного отверстия 914×1016 мм, мощность привода 112 кВт, максимальный размер дробленой руды — до 200 мм. Дробилка загружается погрузочно-транспортными машинами при длине доставки до 100 м.

В участковых полустационарных дробильных установках применяют, в основном, щековые дробилки, реже — конусные и роторные. Эти дробилки имеют относительно небольшие массу и габариты, легко разбираются на отдельные транспортабельные сборочные единицы, максимальная масса которых не превышает 8—12 т. Общая масса дробилки 27—38 т, размер приемного отверстия — от 1060×1240 до 1520×2000 мм, мощность привода 110—150 кВт, производительность 350—550 т/ч, крупность дробленой руды 130—200 мм. Расстояние доставки руды до участковой дробилки обычно не превышает 300 м.

Применение самоходных и полустационарных участковых дробилок совместно с ленточными конвейерами обеспечивает бесперебойную и независимую работу механизмов и оборудования на стыке выпуск — доставка — транспортирование — подъем, позволяя при этом внедрить циклично-поточную технологию добычи, значительно сокращая простои на погрузочно-транспортных операциях.

Участковые дробильные комплексы применяют на рудных шахтах США, Канады, Германии, Франции, Австралии и ряда других стран. Длина отдельных ленточных конвейеров или конвейерных линий колеблется от 200 до 7000 м, ширина ленты — от 900 до 2000 мм, скорость движения ленты 2—3,5 м/с. Зарубежная практика эксплуатации участковых дробильных комплексов и ленточных конвейеров показала, что при их использовании можно в 2—4 раза снизить капиталовложения (по сравнению с околоствольными стационарными дробильными комплексами), на 40% уменьшить затраты на обслуживание и ремонт погрузочно-транспортного оборудования, на 60% снизить затраты на потребление энергии, на 50% уменьшить численность обслуживающего персонала, а в целом — снизить себестоимость добычи руды.

В СССР ведутся работы по созданию специальных конвейеров для доставки крупнокусовой рядовой руды с размерами отдельных кусков до 1000—1200 мм. Совместно разработаны институтами МГИ и Гипроникель и прошли промышленные испытания комплексы машин непрерывного действия для выпуска и доставки руды, которые обеспечивают поточную технологию ведения очистных работ. Основу комплекса составляет ленточно-тележный конвейер (см. 15.4).

Такой комплекс (рис. 13.4) был установлен на руднике «Юкспорский» ПО «Апатит». Из магазинов руда доставляется: вибропитателями 1 и загружается на ортовый ленточно-тележный конвейер 2, с которого затем через перегрузочный узел 3, включающий два спаренных вибропитателя, поступает на магистральный ленточно-тележный конвейер 4 и далее транспортируется в бункер-накопитель 5. Из бункера-накопителя руда поступает в рудоперепускной ствол 6, загружается в вагоны-думпкары 7 и транспортируется на обогатительную фабрику.

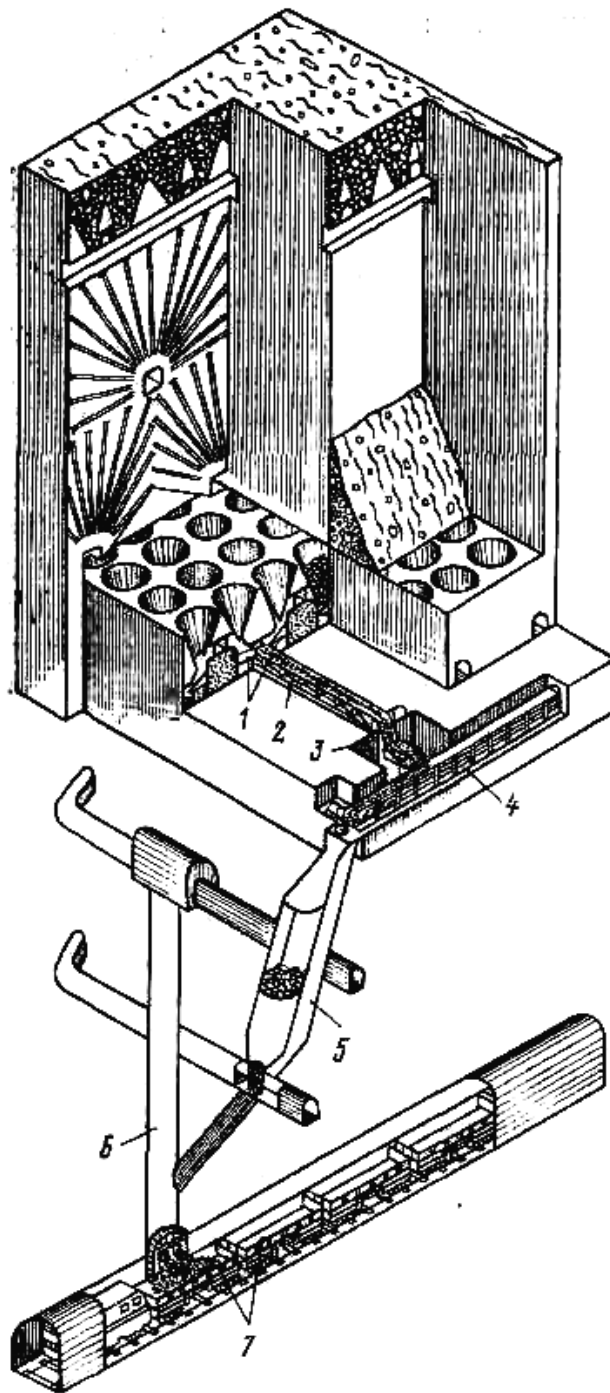


Рис. 13.4. Схема комплекса с использованием вибропитателей и ленточно-тележечных конвейеров для поточной технологии выдачи руды

Вдоль ортового конвейера 2 длиной 150 м установлены 9 пар вибропитателей 1 (техническая производительность одного вибропитателя 800—1000 т/ч). Одновременно в работе могут находиться два вибропитателя, установленные друг против друга. Максимальная достигнутая сменная производительность комплекса 7000 т, фактический максимальный коэффициент использования комплекса 0,45—0,49. При ширине ленты ленточно-тележечного конвейера 1600 мм максимальная крупность отдельных транспортируемых кусков руды составляла 1300—1500 мм.

Применение таких комплексов позволяет увеличить в 4—5 раз производительность труда рабочих на выпуске и транспортировании руды по сравнению с вибропогрузкой руды в вагонетки и транспортированием электровозным транспортом. Однако они отличаются относительно высокой металлоемкостью и стоимостью, длительными сроками строительно-монтажных работ. Область применения данных комплексов — отработка мощных месторождений крепких руд при условии выдачи ортовым конвейером без перемонтажа 4,5—6 млн т руды.

Вопросы для самопроверки

1. Перечислите преимущества и недостатки конвейерного транспорта.
2. Приведите классификацию конвейеров по назначению и месту их установки.
3. Укажите основные области применения скребковых и ленточных конвейеров при подземной разработке рудных месторождений.
4. Каким образом можно расширить область применения ленточных конвейеров при использовании передвижных и полустационарных дробильных установок?

14. КАЧАЮЩИЕСЯ И ВИБРАЦИОННЫЕ КОНВЕЙЕРЫ И ПИТАТЕЛИ

14.1. Принцип действия и схемы качающихся и вибрационных конвейеров и питателей

Принцип действия качающихся и вибрационных конвейеров и питателей (рис. 14.1) заключается в перемещении груза скольжением или микробросками по грузонесущему органу 1 установленному на катках 2 или амортизирующих опорах 3 и получающему возвратно-поступательные и колебательные движения от привода 4 по определенному кинематическому закону. В качающихся конвейерах грузонесущий орган совершает возвратно-поступательные движения с амплитудой (длиной хода) 200—350 мм и числом колебаний в минуту 35—100, а в вибрационных конвейерах — колебательные движения с амплитудой 0,5—10 мм и числом колебаний в минуту 500—3000.

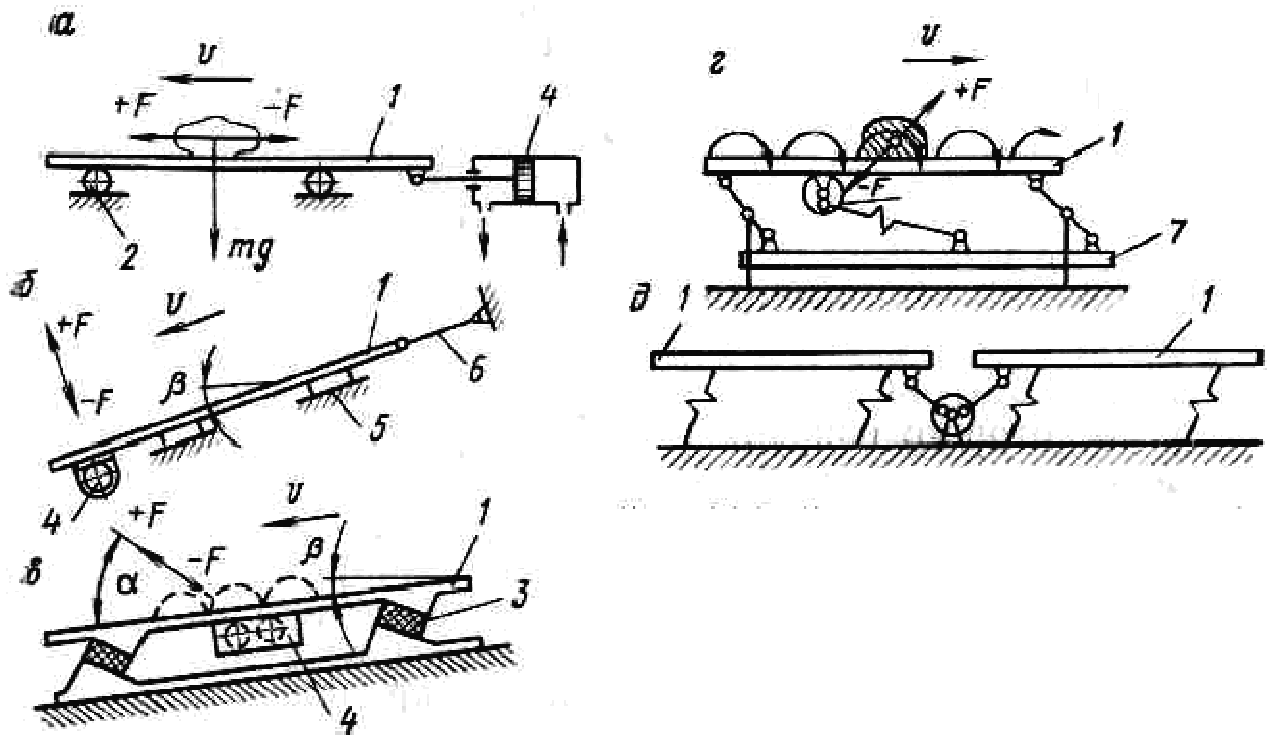


Рис. 14.1. Схемы качающихся и вибрационных питателей и конвейеров: а — качающийся конвейер; б — вибрационный питатель с ненаправленными колебаниями; в — то же с направленными колебаниями; г — двухмассовый уравновешенный вибрационный конвейер с колеблющимися массами, расположенными одна над другой; д — то же, расположенными последовательно

На качающемся конвейере (см. рис. 14.1, а) при движении грузонесущего органа вперед груз массой m за счет силы трения mgf перемещается вместе с грузонесущим органом, при этом сила инерции $ma \leq gf$, где a — ускорение грузонесущего органа при прямом ходе, f — коэффициент трения груза по грузонесущему органу.

При резком замедлении грузонесущего органа в конце прямого хода в результате изменения скорости движения грузонесущего органа по асимметричной диаграмме и при изменении направления его движения на обратное груз за счет запасенной кинетической энергии скользит вперед по грузонесущему органу по инерции, преодолевая силы сопротивления скольжению, т.е. при обратном ходе и скольжении груза вперед $ma > mgf$. На качающемся конвейере, установленном под углом b (см. рис. 14.1, б), ускорение обратного хода грузонесущего органа $-a > (f \cos b \pm \sin b)g$ (знак «плюс» соответствует движению груза вниз, а «минус» — вверх).

Таким образом, на качающемся конвейере груз в процессе транспортирования скользит по грузонесущему органу без отрыва от него.

Грузонесущий орган 1 вибрационного питателя с ненаправленными колебаниями (см. рис. 14.1, б) укладывается непосредственно на почву или жесткие опоры 5 и удерживается от сползания канатами или цепями 6. Под грузонесущим органом закреплен вибратор 4 (вибропобудитель), возмущающая сила F которого непрерывно изменяет свое направление. В питателе такого типа (с ненаправленными колебаниями по отношению к направлению транспортирования) вследствие вибрации находящейся на грузонесущем органе горной массы

уменьшаются действия сил внутреннего трения и угол естественного откоса, улучшается текучесть горной массы. Для обеспечения надежного транспортирования вниз грузонесущий орган питателей с ненаправленными колебаниями должен быть установлен под углом $b \geq 15 \div 20^\circ$.

В вибрационном питателе с направленными колебаниями (см. рис. 14.1, в) вибропобудитель 4 придает грузонесущему органу 1 направленные колебания, т.е. возмущающая сила F направлена под углом α к плоскости грузонесущего органа. На таком питателе при движении грузонесущего органа вперед, когда действующая на частицы груза сила инерции превышает их силу тяжести ($ma > mg$), частицы груза периодически отрываются от поверхности грузонесущего органа и перемещаются по нему вперед — вверх скачкообразно микробросками (см. рис. 14.1, в, пунктир).

На вибрационном питателе с направленными колебаниями вибрация не только уменьшает действие внутренних связей между частицами горной массы, но и воздействует в направлении ее перемещения, что обеспечивает транспортирование по горизонтальному или наклонному ($\beta = 5 \div 8^\circ$) грузонесущему органу.

Вибрационные конвейеры и питатели с направленными колебаниями обеспечивают высокую производительность при относительно малой энергоемкости процесса транспортирования ж небольшим износе грузонесущего органа.

Режим работы вибрационного конвейера или питателя, рабочий орган которого опирается на упругие элементы, зависит от отношения частоты вынужденных колебаний, сообщаемых грузонесущему органу, к частоте собственных колебаний, которая, определяется жесткостью упругих связей и приведенной колеблющейся массой. Различают, в основном, три режима работы — дорезонансный, резонансный и зарезонансный, при которых частота вынужденных колебаний соответственно меньше, равна или больше частоты собственных колебаний. Все используемые в горной промышленности вибрационные питатели и конвейеры работают в зарезонансном режиме, при котором обеспечивается максимальная скорость транспортирования, а следовательно, и максимальная производительность.

Вибрационный питатель с направленными колебаниями (см. рис. 14.1, в) является одномассовой динамически неуравновешенной вибрационной машиной, в которой вследствие неуравновешенности масс передаются значительные динамические нагрузки на несущие конструкции, закрепленные к фундаменту.

Рассмотрим схему двухмассового уравновешенного конвейера (см. рис. 14.1, г), на опорных подвесках которого закреплены две колеблющиеся в противофазе массы: одна из них является грузонесущим органом 1, вторая — противовесом 7 (дебалансом). Благодаря уравновешенности колеблющихся масс опорная рама такого конвейера может свободно лежать на почве выработки без фундамента. В некоторых конструкциях вибрационных конвейеров роль противовеса выполняет второй грузонесущий орган. Колеблющиеся в противофазе массы (грузонесущие органы 1) могут быть расположены последовательно (см. рис. 14.1, д), что позволяет уменьшить высоту конвейера.

Преимущества качающихся и вибрационных конвейеров — возможность транспортирования крупнокусковых абразивных грузов под некоторым углом вниз или по горизонтали (при транспортировании вверх с углом наклона свыше 3° производительность заметно уменьшается). Недостатки качающихся конвейеров — интенсивный износ грузонесущего органа вследствие скольжения по нему груза при транспортировании, большие динамические нагрузки, возникающие в элементах конвейера», относительно невысокая производительность. Качающиеся конвейеры не нашли широкого применения в горно-рудной промышленности.

К преимуществам, присущим только вибрационным конвейерам и питателям, относятся небольшой износ грузонесущего органа, невысокая энергоемкость, большая техническая производительность (150—1500 т/ч), надежная работа при любом гранулометрическом составе горной массы, относительная простота конструкции и удобство обслуживания.

Недостатки вибрационных конвейеров — небольшая длина на один вибропобудитель (до 30 м), невозможность транспортирования липких грузов, шум при работе, высокая трудоемкость монтажа и демонтажа неуравновешенных вибрационных конвейеров в горных выработках.

В горно-рудной промышленности при подземной разработке крепких руд широко применяют вибрационные питатели длиной 3—8 м при донном выпуске руды в другие транспортные средства (вагоны, автосамосвалы), в рудоспуск или в скреперный штрек. Их используют также в качестве вибролюков, предназначенных для выпуска руды из рудоспусков, при торцовом выпуске руды (в сочетании с вибрационным секционным конвейером). Применение вибрационных питателей значительно уменьшает число зависаний, обеспечивает снижение себестоимости выпуска и погрузки руды на 25—30% и увеличение производительности труда рабочего по блоку более чем в 2 раза.

14.2. Устройство вибрационных питателей и конвейеров

Основными узлами вибрационных питателей и конвейеров являются вибропривод, грузонесущий орган, упругая система и рама.

Вибропривод создает возмущающую силу и передает грузонесущему органу конвейера колебательные движения. Возмущающая сила привода должна преодолевать силы инерции колеблющихся масс, восстанавливающие силы упругих элементов, w сопротивления перемещению транспортируемого груза.

В вибрационных питателях и конвейерах применяют инерционные, эксцентриковые, пневматические и электромагнитные приводы.

Широкое распространение получили инерционные приводы, как наиболее простые по конструкции и обеспечивающие эффективную работу конвейера. В зависимости от числа неуравновешенных масс различают дебалансный привод (одновальный) с одной неуравновешенной массой (рис. 14.2, *а*) и самобалансный привод с 2 или 3 неуравновешенными массами (двух- и трехвальный) (рис. 14.2, *б*, *в*). Дебалансный привод создает незаправленную возмущающую силу F , которая непрерывно изменяет свое направление, но по величине всегда остается постоянной и равной $F = m\omega^2 r$, где m — неуравновешенная вращающаяся масса привода; ω — круговая частота; r — радиус вращения.

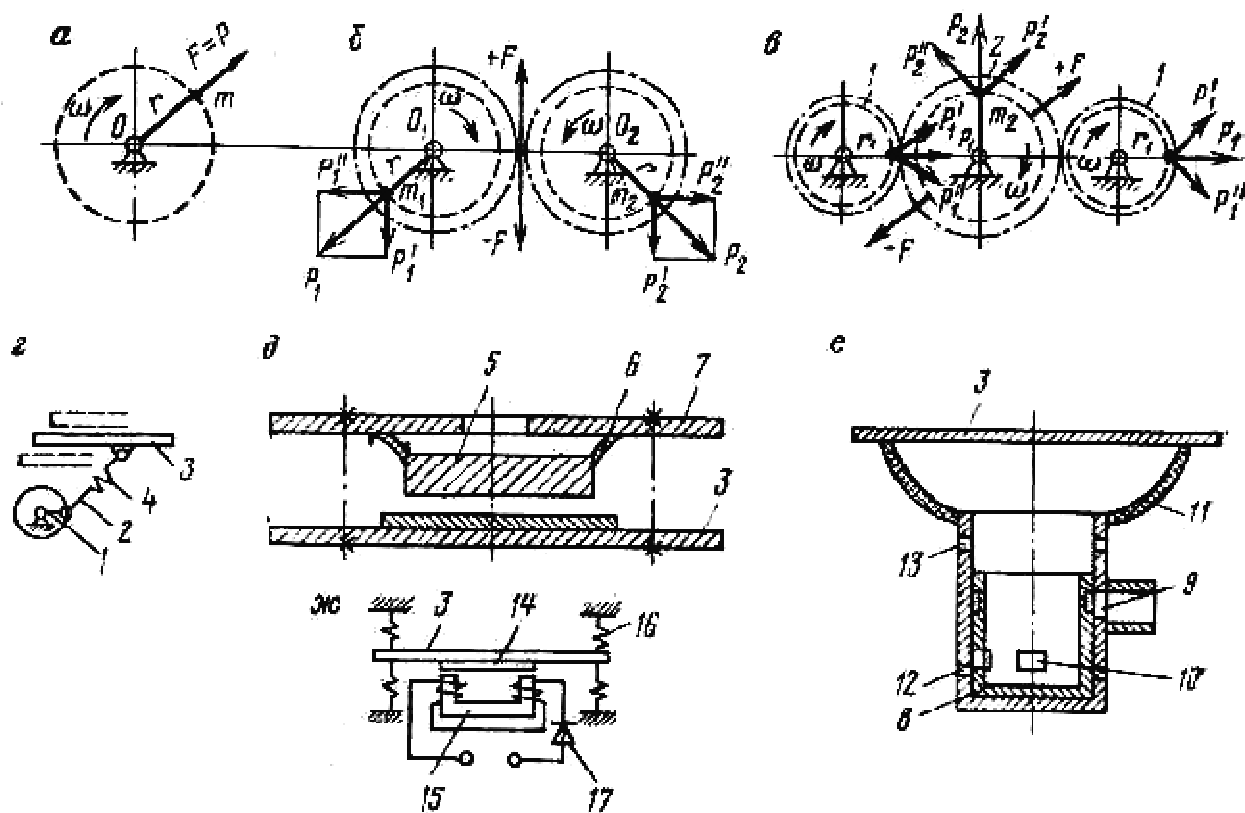


Рис. 14.2. Схемы приводов вибрационных питателей и конвейеров: *а—в* — инерционные (*а* — дебалансный одновальный; *б* — самобалансный двухвальный; *в* — то же трехвальный); *г* — эксцентриковый; *д* — пневматический вибратор ударного типа; *е* — то же диафрагменного типа; *ж* — электромагнитный вибратор

Самобалансный привод с двумя неуравновешенными массами m_1 и m_2 , вращающимися с одинаковой частотой, но в разные стороны (см. рис. 14.2, *б*), создает направленную возмущающую силу F , которая складывается из продольных векторов P' центробежной силы P , создаваемых каждым дебалансом. Поперечные составляющие P'' центробежной силы,

направленные противоположно друг другу, взаимно уравниваются и не влияют на формирование возмущающей силы.

В самобалансном приводе с 3 неуравновешенными массами (см. рис. 14.2, в) можно изменять направление возмущающей силы F путем изменения фазы вращения каждого из 3 дебалансов. При любом направлении возмущающей силы не возникает крутящего момента, как это происходит в приводе с двумя дебалансами.

Эксцентриковый привод (рис. 14.2, г) состоит из кривошипа 1 и шатуна 2, шарнирно соединенного с грузонесущим органом 3. Для снижения пускового момента двигателя и уменьшения динамических нагрузок шатун с грузонесущим органом соединяют через упругий связующий элемент 4. Эксцентриковый привод обеспечивает устойчивую амплитуду с небольшой частотой колебаний и применяется на вибрационных конвейерах с грузонесущими органами большой длины.

Пневматические виброприводы отличаются простотой конструкции и надежностью в работе. В этих приводах возмущающая сила создается энергией сжатого воздуха. Применяют пневматические приводы ударные (активные) и безударные (реактивные). В приводах первого типа грузонесущий орган соединен со штоком пневмоцилиндра, на поршень которого поочередно с обеих сторон действует сжатый воздух (см. рис. 14.1, а). Привод такого же типа может быть выполнен в виде камеры (рис. 14.2, д), образованной металлическим элементом 5, резиновой манжеткой 6 и плитой 7. Сжатый воздух, поступающий в камеру, поднимает элемент 5, который наносит удар по грузонесущему органу 3. При подъеме элемента между манжетой и плитой образуется зазор, через который происходит выхлоп сжатого воздуха, и элемент 5 после ударного воздействия по грузонесущему органу 3 возвращается в исходное положение, после чего цикл работы привода повторяется. Недостатками ударных вибраторов являются значительный шум и износ резиновой манжеты.

В пневматических приводах безударного типа возмущающая сила возникает либо за счет колебаний инерционной массы; поршня, либо за счет деформации резиновой диафрагмы.

В безударном приводе поршневого типа свободный поршень совершает возвратно-поступательные движения в цилиндре, закрепленном на грузонесущем органе конвейера. Благодаря воздушным подушкам, образованным в рабочих камерах по обе стороны от поршня, обеспечивается безударный режим работы вибропривода.

В пневматическом приводе диафрагменного типа (рис. 14.2, е) при подаче воздуха полый поршень 8 поднимается вверх до совмещения окон 9 и 10, и воздух из магистрали поступает в камеру резиновой диафрагмы 11, поднимая грузонесущий орган 3, соединенный с диафрагмой. При открывании окна 12 воздух из-под поршня выходит в атмосферу, и поршень начинает двигаться вниз, открывая верхнее окно 13, через которое воздух из диафрагмы выходит в атмосферу, и цикл работы привода повторяется. Пневматический диафрагменный привод имеет небольшие габариты и массу, обеспечивает получение возмущающего усилия в широких пределах и высокую надежность в работе.

В электромагнитных вибраторах переменного тока (рис. 14.2, ж) колебания якоря 14, закрепленного на грузонесущем органе 3, осуществляется за счет его притягивания к электромагниту 15 в каждый полупериод протекаемого через обмотку переменного тока и полупериоды отталкивания якоря под действием пружин 16. Недостатком электромагнитных виброприводов является высокая частота при малой амплитуде колебаний, что ограничивает длину грузонесущего органа. Для уменьшения частоты колебаний в цепь обмотки электромагнита вводят выпрямитель 17. В подземных условиях электромагнитные виброприводы на вибрационных конвейерах распространения не получили.

Грузонесущий орган вибрационных конвейеров выполняют лоткообразной формы, обычно с прямолинейной транспортирующей поверхностью. В некоторых конструкциях вибрационных питателей, работающих под навалом горной массы, задняя часть днища лотка длиной 1—1,5 м расположена под некоторым углом (14—20°) к транспортирующей поверхности, что позволяет уменьшить сводообразование и увеличить производительность питателя. Грузонесущий орган вибрационных питателей должен быть прочным и жестким для обеспечения на нем вторичного дробления негабарита накладными зарядами.

Упругую систему вибрационных питателей и конвейеров выполняют обычно в виде резинометаллических элементов, работающих на сдвиг и сжатие, или плоских листовых рессор, испытывающих при работе знакопеременную деформацию изгиба.

Металлическая рама вибрационных питателей и конвейеров должна быть жесткой и разборной, обеспечивающей ее многократное использование.

14.3. Типы и параметры вибрационных питателей и конвейеров, используемых для выпуска, погрузки и доставки руды

Основными узлами вибрационных питателей и конвейеров являются вибропривод, грузонесущий орган, упругая система и рама.

Большинство вибротранспортирующих механизмов, используемых в горно-рудной промышленности, по назначению можно разделить на три основные группы:

1. Интенсифицирующие *вибропобудители*, устанавливаемые в навале руды под выпускными, выработками (дучками), через которые руда поступает на доставочный штрек. Вибропобудители предназначены для улучшения истечения руды, устранения заторов, работы в сочетании с другими погрузочно-доставочными установками, например, скреперными.

2. Погрузочно-доставочные вибротранспортирующие машины, предназначенные для выпуска и доставки руды на расстояние не более 10—12 м с последующей погрузкой в другие доставочные средства. К ним относятся: *виброплощадки*⁶ (с жестким или ленточным грузонесущим органом без упругой системы), устанавливаемые под углом 18—25° в выработках для выпуска руды и работающие под навалом; *вибролюки*, устанавливаемые под углом 8—12° в устьях рудоспусков или в выпускных окнах магазинов, работающие под навалом руды в режиме дозирования при погрузке; *вибропитатели*, устанавливаемые в блоках с заглублением в навал руды горизонтально или слабонаклонно, имеющие мощную упругую систему, выдерживающую значительные нагрузки.

3. Доставочные (транспортирующие) вибрационные конвейеры, обеспечивающие транспортирование руды, погружаемой на низ другими устройствами, на расстоянии до 100-150 м. Такие конвейеры устанавливают обычно горизонтально в блоках для доставки руды, в аккумулирующих выработках откаточного горизонта.

Параметры широко применяемых отечественных вибротранспортных машин приведены в табл. 14.1.

Т а б л и ц а 14.1

Технические характеристики вибротранспортных машин

Тип и типоразмер	Техническая производительность, т/ч	Мощность привода, кВт	Угол наклона, градус	Габариты, мм			Параметр колебательной системы		Масса, т
				длина	ширина	высота	число колебаний в минуту	Амплитуда, мм	
Забойный вибропитатель:									
ВДПУ-4ТМ	250-400	22	15-20	6300	1200	720	1460	-	4,5
ВДПМ-6	300-600	30	10	6000		620	1500	-	
ВВДР-5	500-900	22	0-20		1700	1380	980	3-4	6
ПВРА-4,5/1,4	1200	30	10-20	4650	1690	1105	1500	2-4	4,5
ПВУ	800-1000	21	0-10	5000	1790	935	1400	3-5	
ПШВ-4,75	1200	26,5		2000	1100	1200	150-350		
РПУ ⁷	2000	-	0	4800	1500	2160		30-60	
Вибролюк:									
АШЛ	400	6	10-12	1650	1450	705	2800	0,75	1,1
1АШЛ	1200	17	0-10	3400	1800	1285	940	3-5	3,2
ЛВО-2Э	300	1,2	5-20	1720	1070	620	2800	0,3-0,5	0,25
Виброплощадка для торцового выпуска руды	250	28	5	4200	4200	800	2000	3-	3

⁶ Виброплощадки являются разновидностью вибропитателей.

⁷ Качающий питатель

ВП-1									
Виброконвейер:									
ВР-80	250	15	0-5	2030	500	960	826	3	0,18
ВУР-80М1	220	17		2070	830	730	930	4	0,25

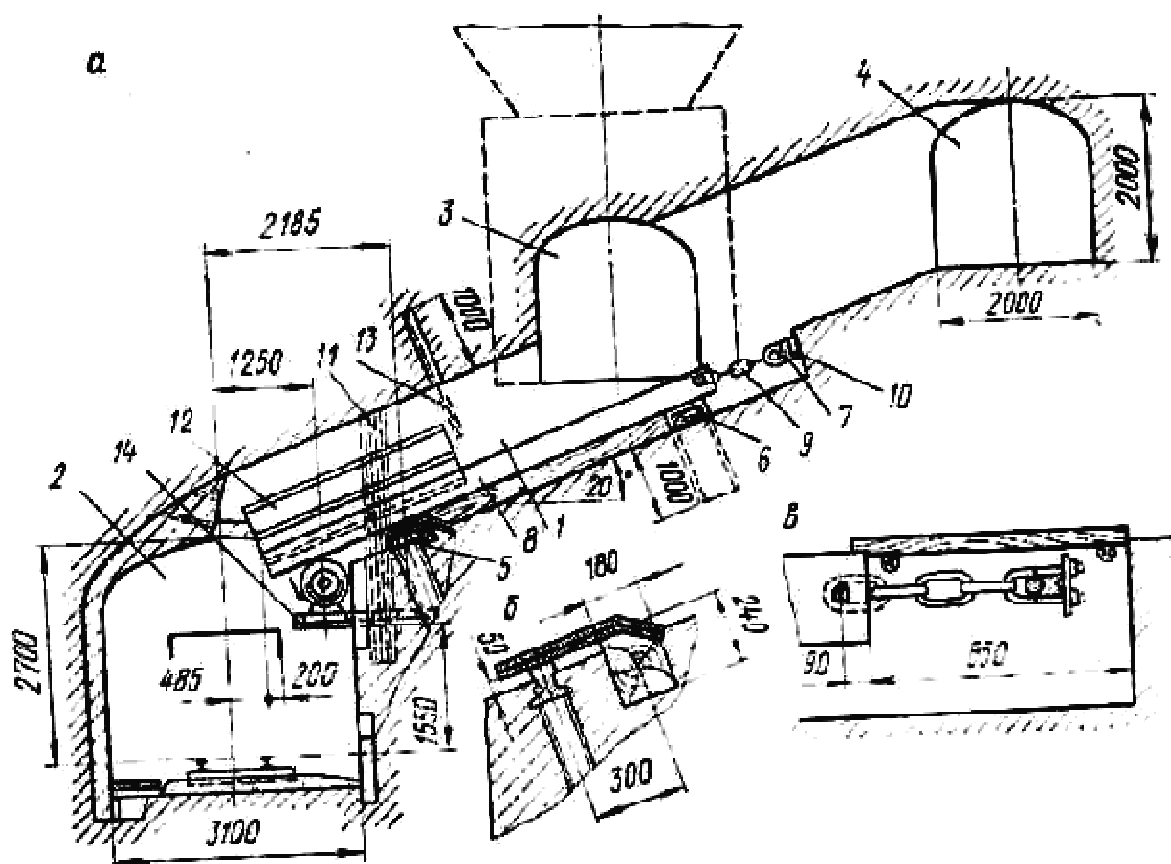


Рис. 14.3. Вибрационный питатель ВДПУ-4ТМ: а – схема установки; б – передняя опора грузонесущего органа питателя; в – устройство для удержания питателя от сползания; 1 – доставочная выработка; 2 – откаточный орт; 3 – ходок; 4 – вентиляционная выработка; 5, 6 – передняя и задняя опоры; 7 – расстрел; 8 – грузонесущий орган (платформа) питателя; 9 – цепь; 10 – анкер; 11 – стойки; 12 – борта; 13 – цепной затвор; 14 – площадка для крепления двигателя вибратора.

Техническая производительность виброплощадок типа ВДПУ-4ТМ достигает 250—400 т/ч, мощность инерционного вибратора — до 28 кВт, общая масса — около 4,3 т. Преимущества виброплощадок — относительно небольшая стоимость и простота конструкции, что позволяет изготавливать их на ремонтно-механических базах горных предприятий, возможность работы в тяжелых условиях под навалом руды и обеспечение погрузки руну практически любой крепости и крупности. Экономически целесообразно применять эти виброплощадки при объеме выпуска руды на одну единицу не менее 30 тыс. т.

По мере углубления шахты и повышения горного давления использование установок ВДПУ-4ТМ затрудняется или полностью исключается, так как угол наклона установки должен составлять 18—20°, что влечет за собой потери запасов руды, а также необходимость дополнительных проходческих работ в соответствии с требованиями безопасности.

Для обеспечения более надежной работы питателя под полным завалом руды проведена модернизация установки ВДПУ-4ТМ и разработана установка ВДПУМ-6 с направленными колебаниями рабочего органа. Установка ВДПУМ-6 (рис. 14.4) состоит из грузонесущего органа с опорами, вибратора и рамы с клинообразными выступами. Между поверхностями выступов рамы и соответствующими поверхностями опор установлены упругие элементы — пружины. У клинообразных выступов одна поверхность перпендикулярна к плоскости действия вынуждающих усилий, а другая (рабочая) направляет движение рабочего органа под углом и обеспечивает направленное перемещение частиц горной массы с подбрасыванием. На установке используется инерционный дебалансный привод. ВДПУД-6 целесообразно применять при выпуске и доставке под полным завалом руды.

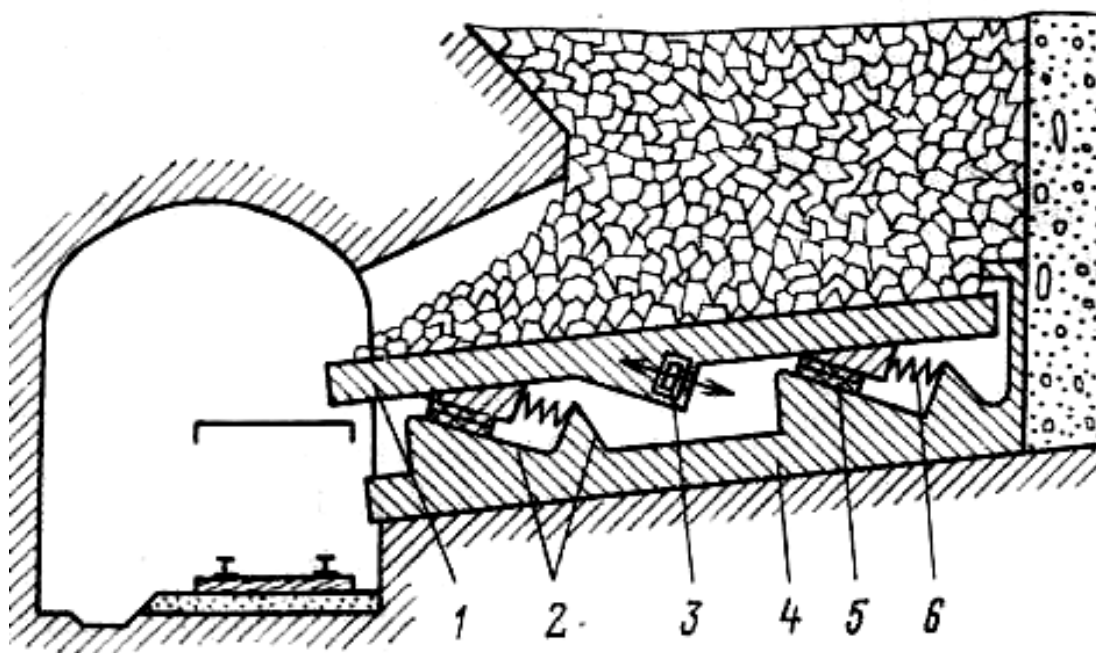


Рис. 14.4. Принципиальная схема ВДПУД-6: 1 — лоток; 2 —выступы; 3 — вибратор; 4 - рама; 5 — резиновая пластина; 6 — пружина

Находят применение виброленты-питатели (рис. 14.5), грузонесущий орган которых выполнен из стального листа размером $(8\div 12) \times (1000\div 1200) \times (1500\div 3000)$ мм. Снизу к листу крепится вибратор (одновальный дебалансный или пневматический), придающий гибкому грузонесущему органу волнообразные колебания. Лист укладывают на раму и закрепляют анкерными болтами. На разгрузочном конце виброленту оборудуют секторным затвором с пневмоприводом. Виброленты, как и установки ВДПУ-4ТМ просты по конструкции, имеют небольшую массу. Область их применения - выпуск и погрузка пуды при разработке жильных и средней мощности месторождений использование вместо обычных секторных люков, что позволяет значительно сократить объем горно-капитальных работ, упростить конструкцию, днища, сократить число зависаний и повысить производительность труда на погрузке руды в 2-2,5 раза.

Виброплощадки типа ВДПУ-4ТМ и виброленты не имеют упругой системы, обеспечивают только снижение действия сил внутреннего трения в обрушенной руде и оказывают относительно слабое воздействие на истечение руды.

Более совершенными вибротранспортирующими машинами являются вибролюки и вибропитатели, основой конструкции которых является одномассная резонансная система с двух- или трехвальным самобалансным приводом и упругими резинометаллическими опорами. Вибролюки и вибропитатели обеспечивают не только уменьшение действия внутренних связей в дробленой руде, но и воздействуют на нее в направлении транспортирования.

Рассмотрим некоторые наиболее совершенные конструкции отечественных вибролюков и вибропитателей.

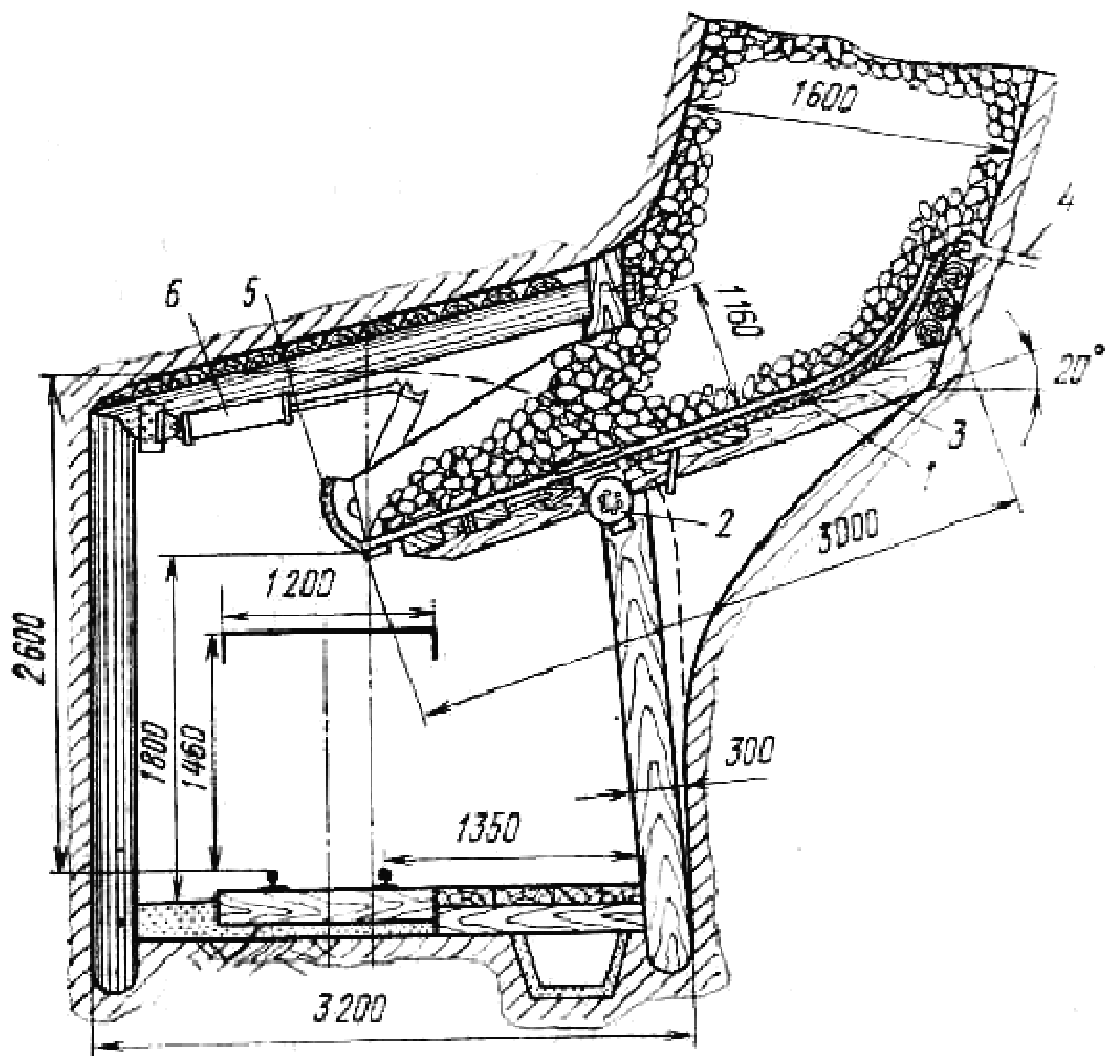


Рис. 14.5. Вибролента-питатель типа ВЛР-3: 1 — вибrolента; 2 — вибратор; 3 — рама; 4 — анкерный болт; 5 — секторный затвор; 6 — пневмоцилиндр

Вибролюк типа АШЛ — автоматический шахтный люк (рис. 14.6, а) — представляет собой двухмассную колебательную систему, в которой грузонесущий лоток через металлические рессоры опирается на уравнивающую раму, установленную на резиновых опорах на металлоконструкции. Двухвальный инерционный вибратор связан с лотком клиноременной передачей. Конструкция вибролюка представляет собой двухмассную колебательную систему, а следовательно, она динамически уравновешена и для ее установки не требуется тяжелого фундамента.

Вибролюк 1АШЛ (рис. 14.6, б) предназначен для погрузки горной массы, склонной к слеживанию и слипанию. Он оборудован трехвальным инерционным вибратором, к которому через упругую муфту передается вращение от электродвигателя. Синхронизирующие шестерни вибратора имеют текстолитовые венцы, благодаря чему снижен шум и отпала необходимость в смазке вибратора. С целью улучшения выпуска и доставки руды из рудоспусков задняя часть днища грузонесущего органа длиной 1 м расположена под углом 20° к транспортирующей основной поверхности лотка. Вибролюк устанавливают на бетонном фундаменте или металлической раме и заглубляют под рудоспуск на 1,5 м.

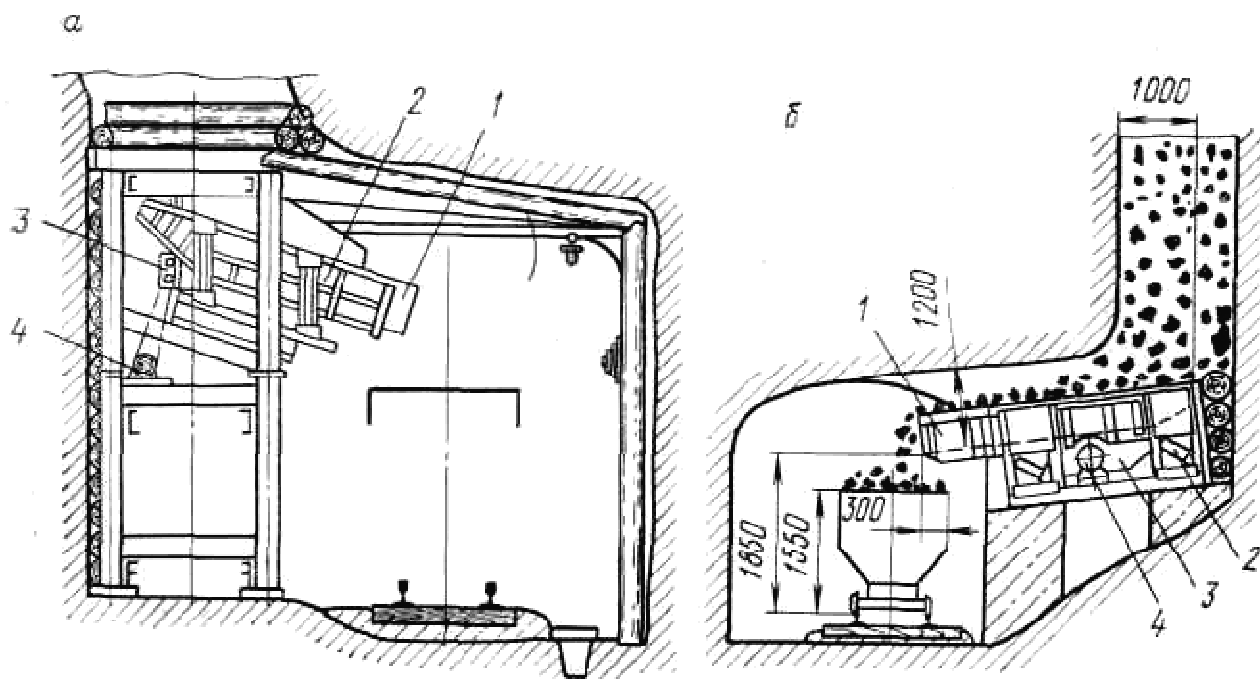


Рис. 14.6. Вибролюки: а — типа АШЛ; б — типа 1АШЛ: 1 — грузонесущий орган; 2 — амортизирующие опоры; 3 — вибратор; 4 — электродвигатель

Техническая производительность вибролюка 1АШЛ составляет 1000—1200 т/ч, мощность привода 17 кВт, масса 3,2 т. Средняя наработка на отказ 120 тыс. т, затраты на монтаж и демонтаж — до 10 чел.-смен.

Питатель вибрационный унифицированный ПВУ (рис. 14.7, а), предназначенный для выпуска руды из блоков, по конструкции вибратора, упругой системы и передачи унифицирован с вибролюком 1АШЛ. Конструкция рамы вибропитателя обеспечивает возможность его 2—3-кратного использования в выпускных выработках.

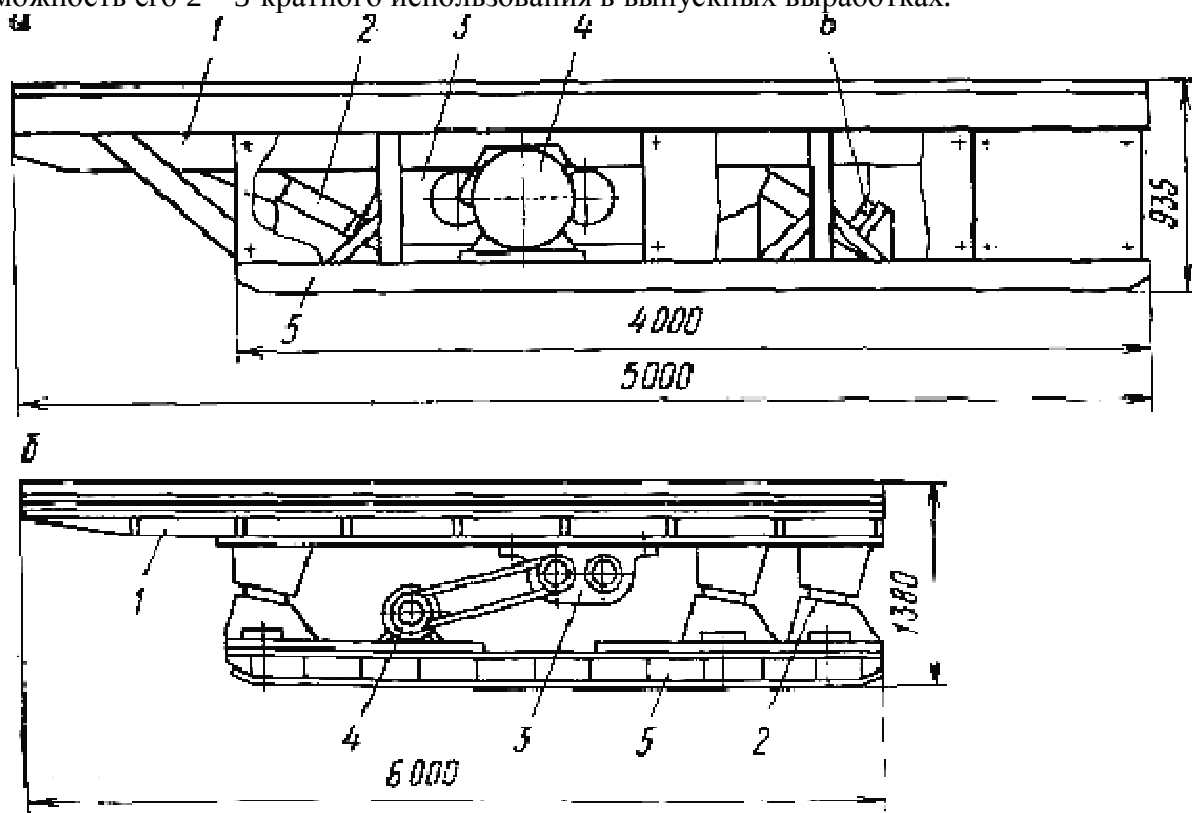


Рис. 14.7. Вибропитатели: а — типа ПВУ; б — типа ВВДР-5; 1 — грузонесущий орган; 2 — амортизирующие опоры; 3 — инерционный вибропривод; 4 — электродвигатель; 5 — рама опорная; 6 — буфер

На вибропитателе вибрационном для выпуска и доставки руды ВВДР (рис. 14.7, б) установлен двухвальный инерционный вибратор, приводимый через клиноременную передачу. Питатели этого типа хорошо зарекомендовали себя в работе. Техническая производительность

питателя при углах установки грузонесущего органа $6\text{--}15^\circ$ составляет $700\text{--}900$ т/ч при максимальном размере транспортируемого куска руды $600\text{--}1000$ мм.

На вибропитателе типа ПВРА-4,5/1,4 (питатель вибрационный рудный автоматизированный с размерами грузонесущего органа по длине и ширине соответственно 4,5 и 1,4 м) использован трехвальный инерционный вибратор, приводимый через клиноременную передачу от электродвигателя, установленного на плите, упруго подвешенной к фундаменту. В этом питателе заглубленная часть грузонесущего органа расположена под углом 12° к транспортирующей плоскости. Техническая производительность питателя при высоте перемещаемого слоя руды $1\text{--}1,2$ м составляет 1200 т/ч. Он предназначен для выпуска руды из блоков и погрузки ее на конвейер, а также может быть использован для загрузки вагонеток.

Опыт эксплуатации различных конструкций питателей и проводимые исследования показали, что при технологии выпуска руды с помощью вибропитателей существует предел увеличения глубины их внедрения, выше которого не происходит увеличение активного сечения выпускного отверстия, так как в нем начинает возникать зависание кусков руды крупностью до 1200 мм. Обычно число таких кусков составляет $7\text{--}12$ на 1000 т выпускаемой горной массы. Кроме того, при вибродоставке горной массы влажностью свыше 10% происходит снижение скорости транспортирования и производительности.

С целью устранения этих недостатков ведутся работы по созданию новых, более эффективных средств выпуска и доставки крупнокусковой руды. Институтом ВостНИГРИ разработана и совместно с другими организациями внедрена рудопогрузочная полустационарная установка РПУ, представляющая собой качающийся питатель с пневмоприводом (рис. 14.8, а), состоящий из рамы 1, грузонесущего органа 2, перемещаемого спаренными пневмоцилиндрами 4 возвратно-поступательно на катках 3. Пневмоцилиндры подключены к системе распределения сжатого воздуха. Рама представляет собой сварную металлоконструкцию, которая при необходимости позволяет производить взрывные работы по ликвидации зависаний особо крупных кусков руды. Козырек 5 на раме (рис. 14.8, б) перекрывает заднюю кромку грузонесущего органа при его движении. Пульт управления 6 позволяет вести работу установки как в ручном, так и в автоматическом режимах.

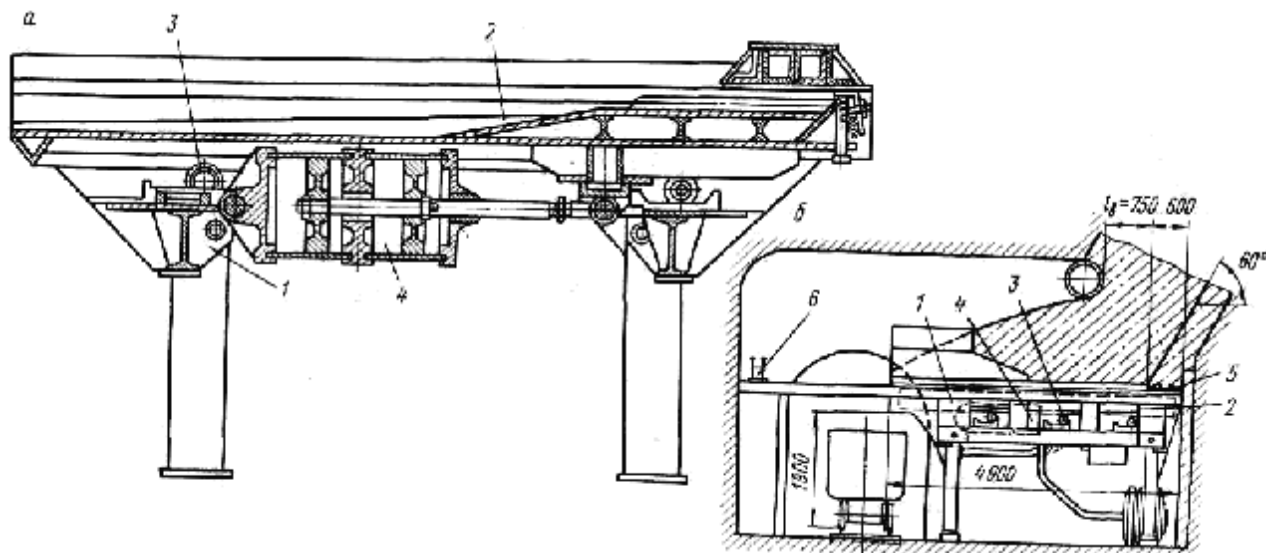


Рис. 14.8. Установка РПУ: а – конструкция установки; б – схема расположения установки под выпускной выработкой

При подаче сжатого воздуха давлением $0,6$ МПа к пневмоцилиндрам и системе распределения воздуха грузонесущий орган совершает возвратно-поступательное движение. При прямом ходе грузонесущий орган перемещает находящуюся на нем руду в сторону разгрузки, при остановке и обратном ходе грузонесущего органа руда продолжает двигаться по инерции вперед и ссыпается с кромки грузонесущего органа в вагонетку.

Эффективность работы качающегося питателя повышается вследствие постоянного подпора выносимой из выпускного отверстия руды. Благодаря значительному усилию на штоке пневмоцилиндра обеспечивается возможность увеличения глубины набора руды из-под навала. При ширине грузонесущего органа 1500 мм, амплитуде качания $150\text{--}300$ мм и числе ходов грузонесущего органа в минуту $30\text{--}60$ техническая производительность РПУ достигает 2000 т/ч за счет увеличения высоты слоя руды, выносимого из-под навала при небольшой скорости

движения рудного потока, что предохраняет кузова вагонеток от значительных ударных нагрузок и обеспечивает их хорошее заполнение.

Для установки РПУ не требуется строительства мощного фундамента, она пригодна для многократного использования для выпуска руды и погрузки ее в вагонетки большой вместимости.

Для непрерывной выдачи из блоков и доставки руды на расстояние до 100—150 м разработаны виброкомплексы, включающие вибропитатель с тяговым устройством для его перемещения по выработке, виброконвейер и виброгрохот-накопитель. Комплексы применяют при торцовом выпуске руды с использованием одного вибропитателя, расположенного по продольной оси виброконвейера (см. рис. 3.1, *г*), или при донном выпуске с расположением нескольких питателей под углом или перпендикулярно к виброконвейеру.

Вибропитатели, применяемые в таких виброкомплексах, имеют более жесткую конструкцию грузонесущего органа, смонтированного на 6 парах упругих элементов. Между грузонесущим органом и опорной рамой питателя установлены демпфирующие гидроцилиндры, предохраняющие при ведении взрывных работ и внезапных обрушениях зависшей руды от больших нагрузок, превышающих жесткость упругих элементов.

Для извлечения вибропитателя из-под навала руды и его перемещения по выработке применяют специальное тяговое устройство, состоящее из гидроцилиндров, полиспастной системы и стального каната. Развиваемое тяговое усилие такого устройства достигает 1000 кН.

Для донного выпуска руды разработана конструкция вибропитателя типа ВПК (вибрационный питатель колесный), грузонесущий орган которого жестко закреплен на раме, установленной на автомобильных пневмоколесах, которые выполняют роль упругой системы вибропитателя и позволяют свободно перемещать его по почве выпускной выработки. На раме конвейера смонтированы домкраты, предназначенные для восприятия части нагрузок, приходящихся на колеса в период взрывов.

Вибрационные конвейеры, используемые в виброкомплексах, представляют собой двухмассовые уравновешенные конструкции. Каждый конвейер собирают из отдельных секций длиной 1,5—2 м. Грузонесущий орган конвейера состоит из верхних и нижних лотков, смонтированных внахлест соответственно на наружной и внутренней несущих рамах, колеблющихся в противофазе (см. рис. 14.1, *г*). Несущие рамы стальными или стеклопластиковыми рессорами соединены с опорной рамой, свободно установленной на почве выработки. Конвейер снабжен одним эксцентриковым виброприводом, причем эксцентрики, колеблющие наружную и внутреннюю рамы, смещены относительно друг друга на 180°. Возможно транспортирование руды верхними и нижними лотками, однако обеспечить равномерную загрузку верхних и нижних лотков на практике сложно.

Отечественный конвейер ВУР-80 (вибрационный уравновешенный рудный) состоит из секций и имеет длину 30 м на один привод. Максимальный размер транспортируемого куска руды — до 1200 мм. Возможно увеличение длины виброконвейера путем установки по его длине нескольких виброприводов.

14.4. Эксплуатационный расчет вибропитателей

Эффективность работы вибропитателей и вибрационных конвейеров определяется коэффициентом режима работы

$$K_p = \frac{Aw^2 \sin \alpha}{g \cos \beta} \quad (14.1)$$

где A — амплитуда колебаний, мм; α — угол вибраций, т.е. угол между направлением возмущающей силы F и плоскостью грузонесущего органа, градус; β — угол наклона грузонесущего органа, градус; $\omega = \pi n/30$ — круговая частота возбuditеля колебаний, с⁻¹; n — число колебаний в минуту; g — ускорение свободного падения, м/с².

Для вибропитателей с инерционным приводом направленного действия, работающих под навалом руды, $\alpha = 30 \div 40^\circ$, $\beta = 7 \div 12^\circ$, $n = 1200 \div 1500$ мин⁻¹, $A = 3 \div 5$ мм, $K_p = 1,5 \div 3$, а для виброконвейеров с эксцентриковым приводом $\beta = 3 \div 4^\circ$, $n = 800 \div 850$ мин⁻¹, $A = 3 \div 4$ мм, $K_p = 1 \div 1,5$.

Скорость транспортирования (м/с) горной массы грузонесущим органом виброконвейера

$$n = (k_1 \pm k_2 \sin b) A \omega \cos a \sqrt{1 - \frac{1}{K_p}} \quad (14.2)$$

где k_1 и k_2 — эмпирические коэффициенты, значения которых зависят от свойств транспортируемой горной массы (для рядовой крупнокусковой руды $k_1 = 0,7 \div 1$, $k_2 = 1,5 \div 2$); A — амплитуда колебаний, мм.

В формуле (14.2) знак «—» принимается для вибропитателей, работающих на подъем, знак «+» — для работающих на спуск.

Техническая производительность (т/ч) вибропитателя

$$Q_m = 3600 \Omega v \gamma k_3, \quad (14.3)$$

Где Ω — геометрическая площадь поперечного сечения грузонесущего органа, m^2 ; k_3 — коэффициент заполнения грузонесущего органа — для забойных вибропитателей $k_3 = 0,6 \div 1$ (меньшие значения принимают для крупнокусковой горной массы, большие — для мелкокусковой), для виброконвейеров $k_3 = 0,35 \div 0,5$; v — скорость транспортирования (для горизонтально установленных вибропитателей $v = 0,2 \div 0,3$ м/с, для наклонных $v = 0,3 \div 0,4$ м/с).

Ширина грузонесущего органа вибропитателя должна составлять не менее 2—2,5 от среднего размера куска транспортируемой горной массы, а высота бортов — не менее размера куска.

Мощность двигателя вибропривода (кВт)

$$N = \frac{k_{зан} q g (L \pm H) \eta}{1000 h} \quad (14.4)$$

где $q = Q_m / (3,6v)$ — линейная масса груза на грузонесущем органе, кг/м; $g = 9,81$ м/с² — ускорение свободного падения; L и H — длина и высота транспортирования, м; $k_{зан} = 1,1 \div 1,2$ — коэффициент запаса мощности; η — КПД вибропривода. Для виброконвейеров, работающих на подъем, принимают знак «+», на спуск — знак «—».

Пример. Определим основные параметры вибропитателя для выпуска горной массы плотностью $\gamma = 2,2$ т/м³ и поперечным размером максимального куска 0,5 м.

Исходные данные: длина вибропитателя $L = 6$ м, угол наклона $\beta = 10^\circ$, ширина рабочего органа $b = 1,2$ м, высота бортов $h = 0,5$ м.

Привод инерционный с частотой колебаний $n = 1200$ мин⁻¹, амплитуда колебаний $A = 0,3$ см, опоры — резинометаллические, угол вибрации $\alpha = 30^\circ$.

Коэффициент режима работы определим по формуле (14.1), вычислив предварительно

$$w = \frac{pn}{30} = \frac{3,14 \cdot 1200}{30} = 125,6 \text{ с}^{-1},$$

$$K_p = \frac{0,3 \cdot 125,6^2 \sin 30^\circ}{981 \cos 10^\circ} = 2,84$$

Скорость транспортирования горной массы [см. формулу (14.2)]

$$n = (k_1 + k_2 \sin b) A \omega \cos a \sqrt{1 - \frac{1}{K_p}} = (0,7 + 1,75 \sin 10^\circ) \times 0,003 \cdot 125,6 \cos 30^\circ \sqrt{1 - 1/2,84} = 0,28 \text{ м/с}$$

Площадь поперечного сечения грузонесущего органа $\Omega = bh = 1,2 \cdot 1,5 = 0,72$ м², коэффициент заполнения $k_3 = 0,9$.

Техническая производительность вибропитателя [см. формулу (14.3)]

$$Q_T = 3600 \Omega v \gamma k_3 = 3600 \cdot 0,60 \cdot 0,28 \cdot 2,2 \cdot 0,9 = 1197 \text{ т/ч.}$$

Линейная масса груза

$$q = \frac{Q_m}{3,6n} = \frac{1197}{3,6 \cdot 0,28} = 1187,5 \text{ кг/м}$$

Коэффициент запаса мощности $k_{зан} = 1,1$, высота транспортирования $H = L \sin \beta = 6 \sin 10^\circ = 1,05$ м, $\eta = 0,85$. Тогда мощность двигателя [см. формулу (14.4)]

$$N = \frac{1,1 \cdot 1187,5 \cdot 9,81 (6 - 1,05) \cdot 0,28}{1000 \cdot 0,85} = 20,8 \text{ кВт.}$$

Принимаем асинхронный трехфазный двигатель мощностью 21 кВт.

14.5. Монтаж, эксплуатация и техническое обслуживание вибропитателей

Выпускную выработку, предназначенную для установки вибропитателя для загрузки вагонеток, проходят из откаточной выработки перпендикулярно к ее продольной оси соответственно паспорту установки вибропитателя. Перед монтажными работами у устья и в торце выпускной выработки пробуривают два шпура и навешивают монтажные блоки.

Наиболее целесообразно производить монтаж вибропитателя с помощью шахтного монтажного агрегата типа АМШ, установленного на тележке электровоза и состоящего из телескопической крановой стрелы с гидравлическим приводом подъема, поворота и выдвижения, монтажной лебедки, сварочного аппарата и кабельного барабана для подвода электроэнергии от контактного провода (подробнее об АМШ см. 18.4).

Вибропитатель доставляют к месту монтажа по рельсовым путям на платформе (рис. 14.9). Вначале с помощью лебедки агрегата производят монтаж передних и задних опор, затем приступают к монтажу вибропитателя. Канат монтажной лебедки АМШ пропускают через отклоняющий блок, прикрепленный к кровле у устья выпускной выработки, и закрепляют за конец площадки, которая с помощью стропа подвешена на стреле агрегата. Натяжением каната лебедки при одновременной работе механизмов подъема, поворота и выдвижения крановой стрелы вибропитатель вводят в выработку (см. рис. 14.9, а). Затем канат монтажной лебедки пропускают через другой отклоняющий блок и полностью вводят вибропитатель в выработку (см. рис. 14.9, б). После этого производят закрепление вибропитателя в выработке, установку стоек бортовки, монтаж электродвигателя вибратора и цепного затвора.

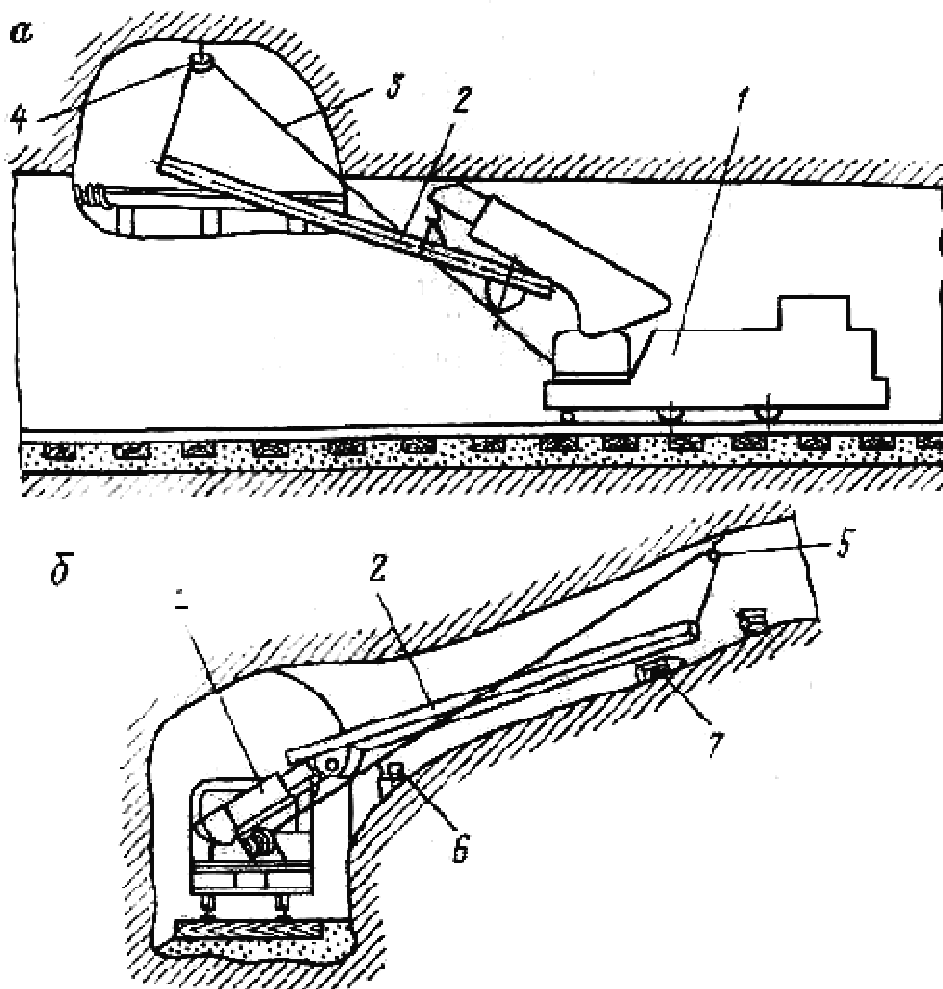


Рис. 14.9. Этапы монтажа вибрационного питателя ВДПУ-4ТМ с помощью монтажного шахтного агрегата АМШ: 1 — агрегат АМШ; 2 — вибропитатель; 3 — монтажный канат; 4, 5 — монтажные блоки; 6, 7 — передняя и задняя опоры

Для монтажа вибропитателя типа ВДПУ-4ТМ с помощью агрегата АМШ необходима бригада в составе только двух человек. Производительность труда при монтаже агрегатом по сравнению с монтажом лебедками повысилась примерно в 4 раза.

После окончания монтажа производят пробное включение питателя на холостом ходу. Отсутствие соударений колеблющихся частей о неподвижные, повышенного нагрева

подшипниковых узлов и двигателя свидетельствует об удовлетворительном состоянии питателя. После обкатки в течение 10 мин, устранения обнаруженных недостатков и подтяжки резьбовых соединений вибропитатель готов к эксплуатации.

В процессе эксплуатации питатель обслуживает один оператор, который выполняет следующие операции: подает соответствующие сигналы машинисту электровоза при установке вагонеток под носком питателя, включает оросительную систему, запускает питатель, останавливает его после очередной вагонетки и подает сигнал о подаче следующей вагонетки.

Наиболее характерные неисправности, возникающие при эксплуатации питателя: разрушение металлоконструкции грузонесущего органа и бортов, выход из строя гибкого элемента (муфты), соединяющего валы электродвигателя и вибратора. С целью предупреждения разрушения металлоконструкции дробление негабарита на грузонесущем органе питателя следует производить накладными зарядами массой не более 2 кг.

При нормальной работе привода возможно резкое ухудшение условий транспортирования горной массы, в основном, по следующим причинам: днище грузонесущего органа забетонировано частицами горной массы, нарушена прочность крепления питателя на фундаменте, вышла из строя синхронизирующая шестерня инерционного вибратора, возникли соударения вибрирующих и неподвижных частей.

Техническое обслуживание вибропитателей включает в себя контрольный осмотр перед вводом в эксплуатацию или после длительных перерывов в работе, ежесменный осмотр в процессе эксплуатации, ежемесячный профилактический осмотр, текущий ремонт при возникновении неисправностей и перестановках питателя на новое место работы.

С целью обеспечения безотказной работы вибропитателя надежность затяжки резьбовых соединений проверяют после выпуска питателем 10—15 тыс. т руды и после ремонтов питателя, включающих разборку резьбовых соединений.

Основные правила безопасности: обязательно заземление питателя после окончания монтажа; во время работы питателя категорически запрещается присутствие людей в нише под питателем, на его грузонесущем органе или в кузове вагонетки, а также нахождение вблизи работающего питателя лиц, не занятых непосредственно его обслуживанием. Запрещается выполнять осмотр и ремонт вибратора без отключения привода, освобождать руками куски руды, зависшие над грузонесущим органом или между вагонетками.

Вопросы для самопроверки

1. Объясните принцип перемещения горной массы качающимся и вибрационным питателями.
2. Укажите преимущества и недостатки, а также область применения вибрационных питателей и конвейеров.
3. Назовите основные типы виброприводов. Начертите инерционный самобалансный привод с двумя неуравновешенными массами и объясните принцип его работы.
4. Назовите основные типы вибротранспортирующих механизмов, используемых в отечественной горно-рудной промышленности.

15. ЛЕНТОЧНЫЕ КОНВЕЙЕРЫ

15.1. Схемы ленточных конвейеров

В ленточном конвейере транспортирование горной массы осуществляется на конвейерной ленте, выполняющей функции тягового и несущего органа. Замкнутая бесконечная лента 1 (рис. 15.1, а) огибает головной приводной 2 и хвостовой натяжной 3 барабаны. Лента поддерживается по длине конвейера стационарными роlikоопорами 4 и 5, причем расстояние между роlikоопорами 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 ленточные конвейеры загружаются в хвостовой части через загрузочную воронку 6, а разгружаются при сходе ленты с головного барабана. Возможна разгрузка ленточного конвейера в промежуточных пунктах с помощью плужковых сбрасывателей или разгрузочных тележек. В зависимости от назначения и условий эксплуатации ленточные конвейеры оснащают дополнительными устройствами для очистки ленты и барабанов и улавливания ленты в случае ее обрыва (на наклонном конвейере). Для контроля за работой и автоматизации конвейеров устанавливают различные датчики и приспособления.

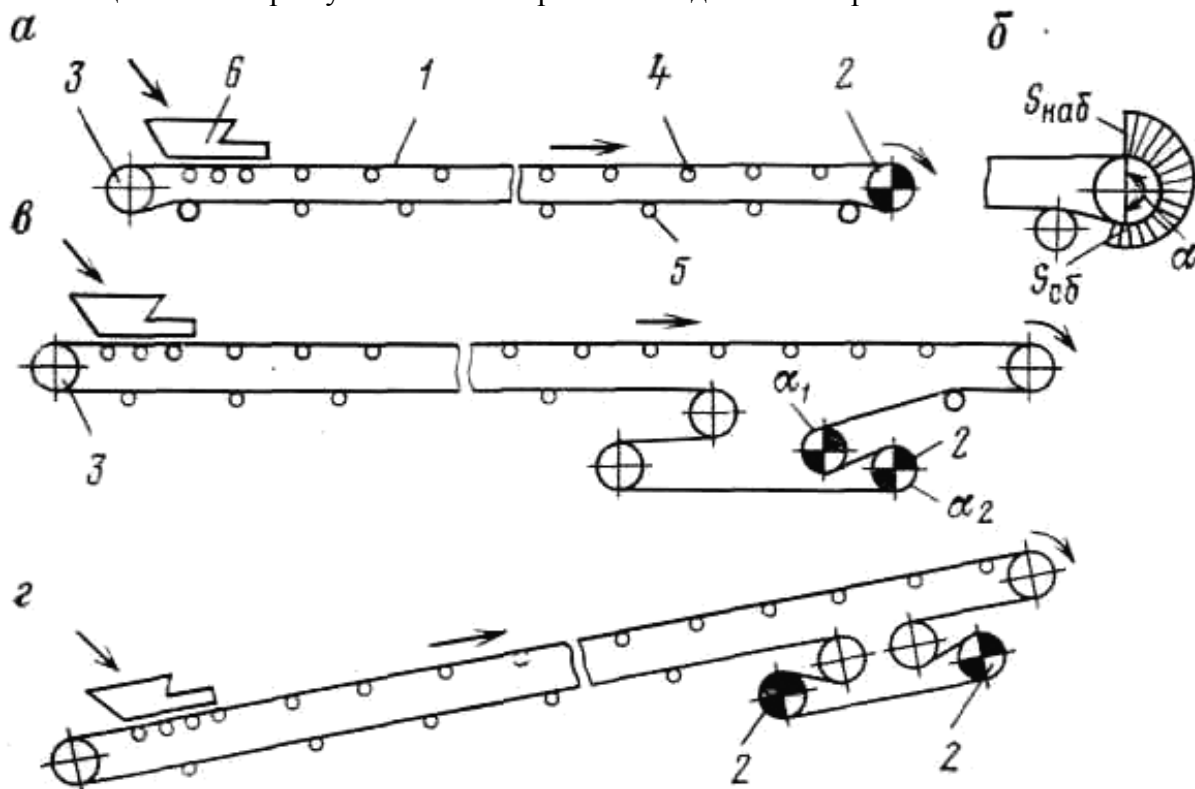


Рис. 15.1. Схемы ленточных конвейеров и их приводов

Преимуществами ленточных конвейеров являются: высокая производительность, большая длина как в одном ставе, так и всей конвейерной линии; относительная простота конструкции; значительно меньшие масса и удельная энергоемкость по сравнению со скребковыми конвейерами; высокая надежность, безопасность и возможность полной автоматизации работы. Недостатки: ограничение по крупности транспортируемой горной массы (до 500 мм), необходимость прямолинейной установки конвейера в плане, ограниченный угол наклона (с гладкой лентой при транспортировании вверх — до 18° , вниз — до 16°), высокая стоимость и относительно небольшой срок службы конвейерной ленты.

Лента конвейера приводится в движение силами трения между лентой и приводным барабаном. Соотношение натяжений в набегающей на привод ветви ленты $S_{наб}$ и сбегающей с привода $S_{сб}$ при угле обхвата приводного барабана лентой α (рис. 15.1, б) и коэффициенте трения между лентой и барабаном μ

$$S_{наб} \leq S_{сб} e^{\mu \alpha}$$

где e — основание натурального логарифма.

Эта формула была выведена русским ученым Л. Эйлером и названа его именем.

Максимальное тяговое усилие (H), передаваемое приводом ленточного конвейера,

$$F = S_{наб} - S_{сб} = S_{сб} (e^{\mu \alpha} - 1) = S_{наб} \frac{e^{\mu \alpha} - 1}{e^{\mu \alpha}}$$

Величину $e^{\mu\alpha}$ называют обычно *тяговым фактором*. Чем: больше тяговый фактор, тем большее тяговое усилие развивает привод. Увеличение тягового фактора возможно путем повышения коэффициента трения μ (например, футеровкой поверхности приводного барабана резиной) и угла обхвата α (например, при установке двух приводных барабанов с суммарным расчетным углом обхвата $\alpha = \alpha_1 + \alpha_2$, где α_1 и α_2 — углы обхвата барабанов привода лентой).

Применяют ленточные конвейеры с двухбарабанным приводом с S-образной запасовкой ленты на барабанах (рис. 15.1, в), когда один барабан привода огибается рабочей (грязной) стороной ленты, а другой — нерабочей (чистой) стороной, и ленточные конвейеры с двумя приводными барабанами, огибаемыми лентой только с чистой стороны (рис. 15.1, г). Возможна установка трех приводных барабанов: два в головной части и один в хвостовой.

15.2. Основные сборочные единицы ленточных конвейеров

Основными сборочными единицами ленточного конвейера являются лента, роlikопоры и став, приводная станция, натяжное устройство, загрузочное устройство, очистные устройства и ловители ленты.

Лента является наиболее дорогостоящим и ответственным элементом конвейера. Стоимость ее составляет 50% от стоимости конвейера, а иногда и более. Лента состоит из каркаса, передающего тяговые усилия, верхних и нижних обкладок и бортов, предохраняющих каркас ленты от механических повреждений и проникновения влаги. В отечественной горнодобывающей промышленности наиболее широко применяют многопрокладочные резинотканевые (рис. 15.2, а, б) и резинотросовые (рис. 15.2, в, г) ленты.

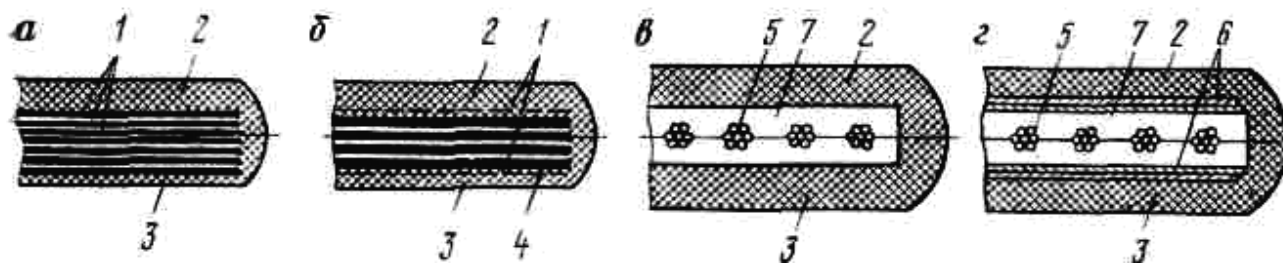


Рис. 15.2. Конструкция конвейерных лент: 1 — прокладки; 2 — верхняя рабочая обкладка; 3 — нижняя обкладка; 4 — брекерная ткань; 5 — трос; 6 — предохранительная прокладка; 7 — резиновый наполнитель

Для шахтных подземных конвейеров используют многопрокладочные ленты (табл. 15.1). Каркас этих лент состоит из ряда тканевых прокладок, между которыми расположен тонкий слой резины (сквидж) толщиной 0,2—0,3 мм. Нити тканевых прокладок, направленные вдоль ленты и воспринимающие тяговые усилия, называются основными, а поперек — уточными, служащими для придания ленте поперечной жесткости. Прокладки со всех сторон защищены огнестойкой резиной. Толщина верхней обкладки составляет 6—10 мм, нижней — 2÷3,5 мм.

В многопрокладочных лентах, предназначенных для транспортирования крупнокусковых скальных грузов, под верхней обкладкой располагают защитную (брекерную) прокладку (см. рис. 15.2, б), обеспечивающую предохранение от пробоя прокладок каркаса крупными кусками и увеличивающую прочность связи верхней рабочей обкладки с прокладками каркаса.

Тканевые прокладки отечественных лент изготавливают из комбинированных тканей (полиэфир/хлопок) типа БКНЛ-65 прочностью по основе 65 Н/мм ширины одной прокладки, а также на основе синтетических полиамидных волокон прочностью на разрыв 100—400 Н/мм (типа ТА-100, ТК-200, ТА-400, ТК-400 и др.). Число прокладок в ленте $i = 1\div 6$, прочность ткани прокладки по утку составляет 30—40% от прочности по основе.

Разрывное усилие (Н) многопрокладочной ленты $S_{раз}$ шириной B (мм) с числом прокладок i

$$S_{раз} = B\sigma i$$

где σ — прочность на разрыв одной прокладки, Н/мм ширины прокладки.

Недостаток ленты из синтетических тканей — удлинение при рабочих нагрузках до 3—3,5%.

Пример условного обозначения многопрокладочной ленты конвейерного типа 1, подтипа 2Ш, трудновоспламеняющейся для шахтных условий, шириной 1000 мм, с пятью прокладками из ткани ТК-200, с рабочей обкладкой толщиной 6 мм и нерабочей 3,5 мм из резины класса Г-1: ленты 1.2Ш×1000×5×ТК-200×6-3,5×Г-1 ГОСТ 20—85.

За рубежом на подземных конвейерах в основном применяют: одно- и двухпрокладочные ленты с защитными обкладками из резины или поливинилхлорида с $\sigma = 630 \div 250$ и $\sigma = 200 \text{ — } 625$ Н/мм ширины прокладки; однопрокладочные цельнотканевые с $\sigma = 800 \div 2500$ Н/мм ширины ленты. В последнее время начато применение лент с прокладками из волокна «арамида» (кевлара), обеспечивающие большой диапазон прочности и малое удлинение.

Т а б л и ц а 15.1

Характеристики многопрокладочных конвейерных лент (ГОСТ 20-85)

Тип	Конструкция ленты	Транспортируемый материал	Условия эксплуатации	Вид ленты	Обозначение	Прокладка		Класс резины обкладок	Толщина обкладки. мм		Температура окружающей среды, °С
						Тип ткани	σ, Н/мм ширины прокладки		рабочей	нерабочей	
1	С защитной или брекерной прокладкой под резиновой рабочей обкладкой	Руды черных и цветных металлов, крепкие горные породы крупностью до 500 мм	Очень тяжелые	Общего назначения	1.1	Синтетическая	400	А	8	2	От -45 до +60
								Б	10	3	
		Руды черных и цветных металлов крупностью до 350 мм	Тяжелые	Морозостойкая Общего назначения	1.1М 1.2	200-400	М	А Б	6 8	2	От -45 до +60
							Трудновоспламеняющаяся				
					Трудновоспламеняющаяся морозостойкая	1.2ШМ		Г-2	От -45 до +60		
							2			С двухсторонней резиновой обкладкой и резиновыми бортами	Руды черных и цветных металлов, крепкие горные породы крупностью до 100 мм, абразивные грузы крупностью до 150 мм
Общего назначения	2.1	А И.Б И.Б	6 8 6	От -40 до +60							
					Морозостойкая	2М		Комбинированная (полиэфир/хлопок)	55		

Каркас резиноватросовой ленты (см. рис. 15.2, в) состоит из ряда стальных латунированных или оцинкованных тросов диаметром 2,7—11 мм, которые расположены между двумя тканевыми защитными прокладками. В резиноватросовых лентах, предназначенных для транспортирования относительно легкой горной массы, защитные прокладки отсутствуют. В зависимости от диаметра тросов и шага их установки разрывная прочность отечественной резиноватросовой ленты $\sigma_p = 500 \div 4000$ Н/мм ширины ленты. Разрывное усилие (Н) всей ленты $S_{раз} = B\sigma_p$

Резиноватросовые ленты (табл. 15.2) находят все большее применение для мощных конвейеров значительной длины. По сравнению с резиноканевыми, резиноватросовые ленты имеют большую прочность и малое удлинение (до 0,25%), меньшую толщину при равной прочности. Недостаток резиноватросовых лент — их высокая стоимость и большая масса.

Т а б л и ц а 15.2.

Характеристики негорючих резиноватросовых конвейерных лент

Типоразмер	Ширина, мм	σ_p , Н/мм ширины ленты	Диаметр троса, мм	Толщина обкладки, мм	Масса 1 м ² ленты, кг
2РТЛО-500	800	500	2,7	4,5/2,5	20,5
2РТЛО-1000	800—1000	1000	3,4	4/4	25
2РТЛО-1500	800—1200	1500	4,2	5/5	28
2РТЛО-2500	1000—2000	2500	7,5		37
2РТЛО-3150	1200—2400	3100	8,25	6/4	43,2
2РТЛО-4000		4000	10,9		48

За рубежом выпускаются резиноватросовые ленты с $\sigma_p = 500 \div 7000$ Н/мм ширины ленты, диаметр троса 3—13 мм. В последнее время освоен выпуск конвейерных лент на основе специального металлокордного полотна типа «Флексимат» ($\sigma_p = 75 \div 1600$ Н/мм).

Приводная станция ленточного конвейера включает 1,2 и, значительно реже, 3 приводных барабана, которые обеспечивают ленте необходимое тяговое усилие. На коротких конвейерах применяют однобарабанный привод (см. рис. 15.1, а), на конвейерах длиной 300—500 мм и более — двухбарабанный привод, с S-образной запасовкой ленты на барабанах (см. рис. 15.1, в). Приводные барабаны кинематически жестко связаны с редуктором и приводятся от одного электродвигателя. Редуктор привода обычно трехступенчатый. Двигатель с редуктором соединяется эластичной муфтой. Привод вместе с выносным разгрузочным барабаном смонтирован на раме. Раму полустационарных конвейеров устанавливают на почву без фундамента и закрепляют распорными стойками.

На коротких ленточных конвейерах возможно использование мотор-барабанов, в которых ротор и статор электродвигателя и планетарный редуктор смонтированы внутри обечайки барабана. Привод в таком исполнении компактен, но мощность его ограничена.

Обычно в приводах ленточных конвейеров малой и средней мощности используют электродвигатели с короткозамкнутым ротором.

На мощных ленточных конвейерах применяют двухбарабанный привод с запасовкой ленты, обеспечивающей обхват барабанов чистой стороной ленты (см. рис. 15.1, г). Приводная станция (рис. 15.3) 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 $\beta > 6^\circ$.

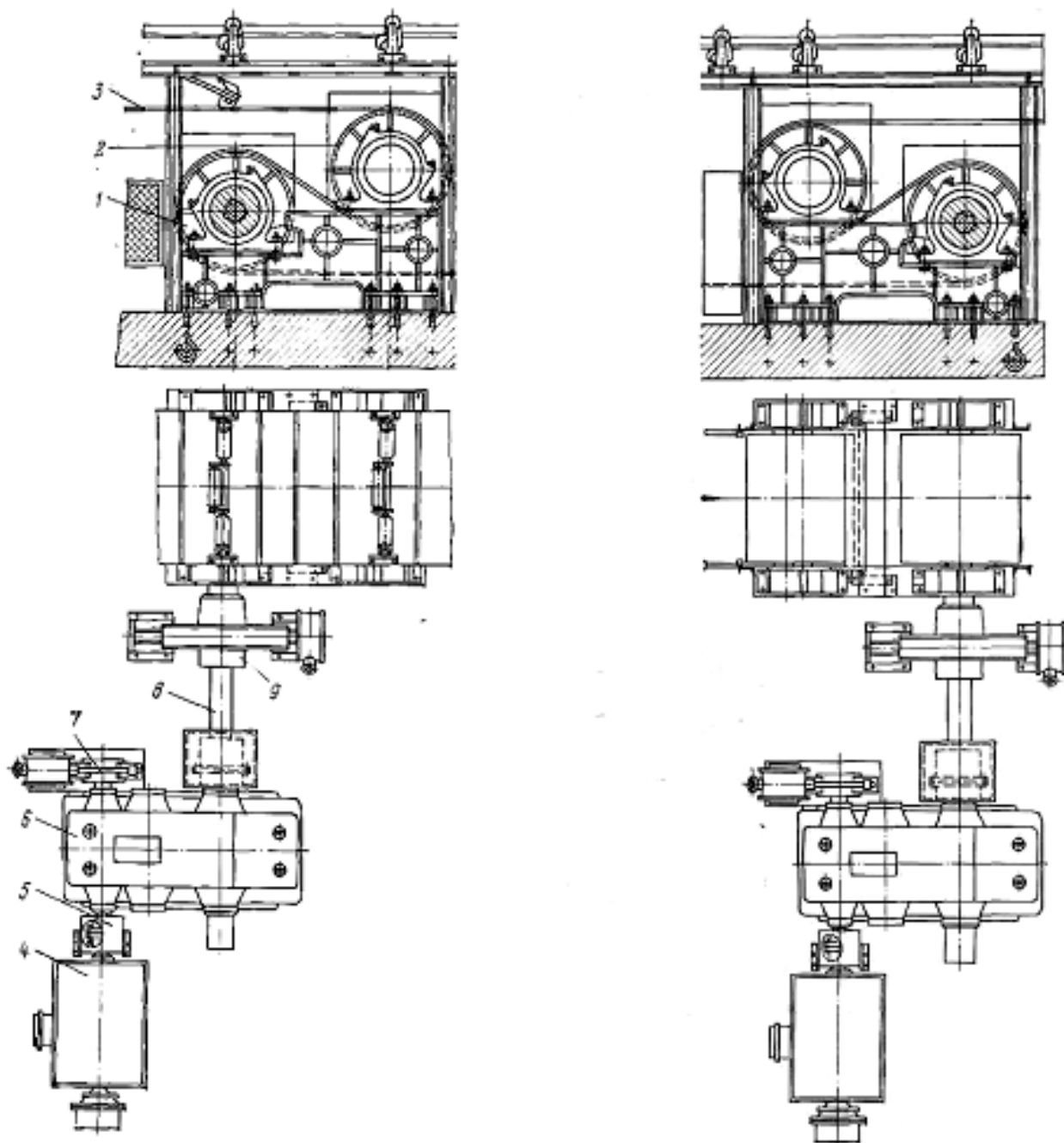


Рис. 15.3. Приводная станция ленточного конвейера 2Л120А

В мощных ленточных конвейерах применяют короткозамкнутые асинхронные электродвигатели с пусковыми гидромуфтами или электродвигатели с фазным ротором и соответствующей пусковой аппаратурой.

Натяжная станция предназначена для создания приводом тягового усилия, а также для поддержания заданного провеса ленты между роlikоопорами и компенсации остаточной деформации (удлинения) ленты при ее вытяжке. По принципу действия натяжные устройства разделяют на жесткие и автоматические. В жестком натяжном устройстве натяжной барабан периодически изменяет свое положение в процессе работы конвейера, что не обеспечивает постоянного натяжения и постоянной компенсации остаточной деформации ленты.

Автоматическое натяжное устройство обеспечивает постоянное определенное соотношение натяжений в набегающей и сбегающей с привода ветвях ленты при любых нагрузках на конвейере или заданное натяжение сбегающей с привода ветви ленты — большее при пуске и меньшее при установившемся движении.

В автоматическом натяжном устройстве натяжной барабан постоянно меняет свое положение в зависимости от натяжения ленты и ее упругой вытяжки.

Автоматические натяжные устройства ввиду больших размеров и сложности конструкции не получили широкого распространения на подземных ленточных конвейерах.

В коротких ленточных конвейерах применяют жесткое винтовое натяжное устройство с ручным управлением, установленное в хвостовой части конвейера. На горизонтальных ленточных конвейерах средней мощности в головной части конвейера у привода устанавливают жесткое натяжное устройство с электрической лебедкой, а в хвостовой секции — натяжное устройство с ручным приводом для монтажа и регулирования положения концевого барабана.

На мощных подземных ленточных конвейерах жесткие натяжные устройства с электрическим приводом устанавливают обычно на хвостовой секции (рис. 15.4). 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.

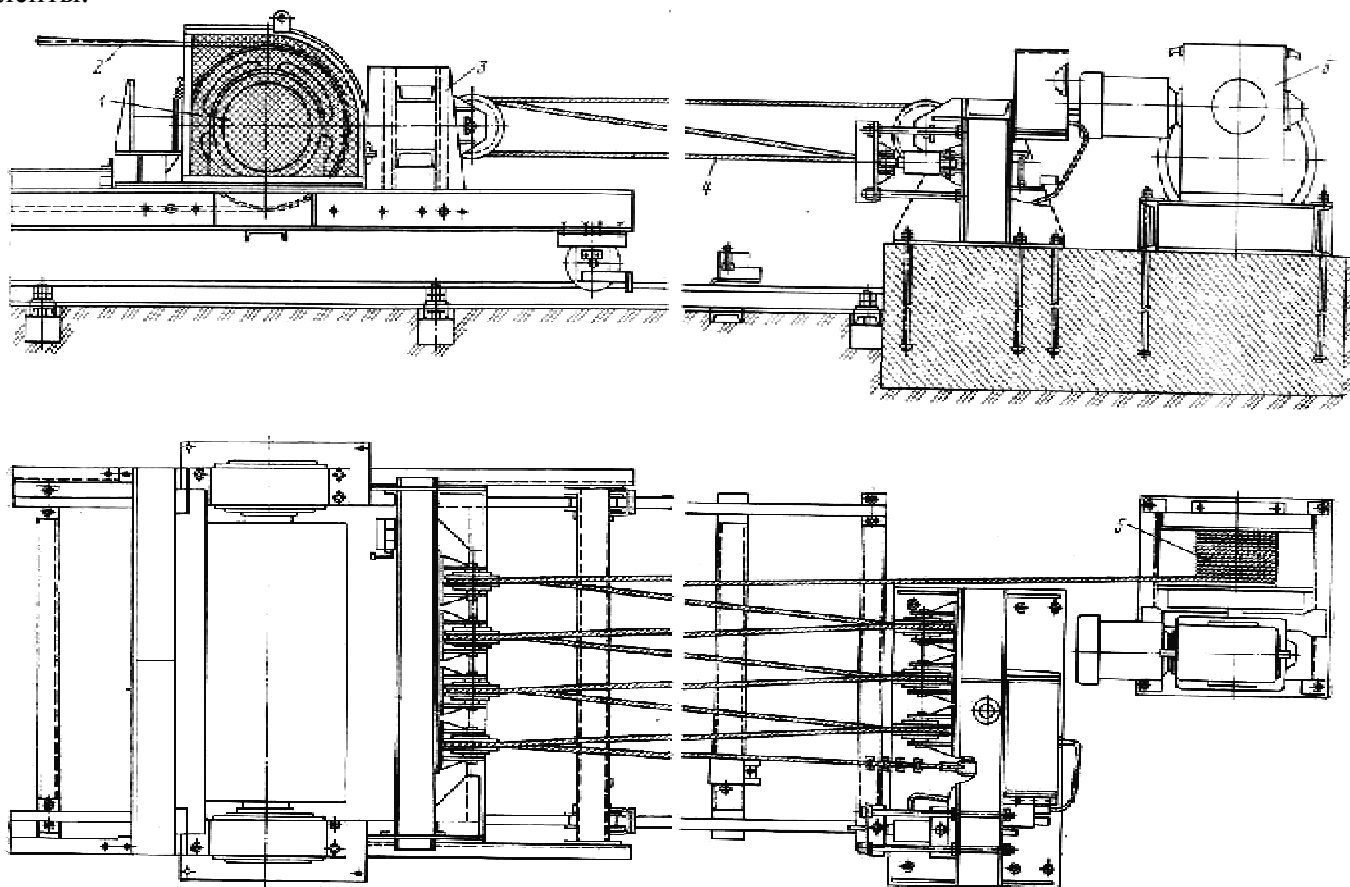


Рис. 15.4. Натяжная станция ленточного конвейера 2Л120А

Роликовый став предназначен для поддержания верхней и нижней ветвей ленты, придания ей желобчатости и обеспечения устойчивого движения. Роликовый став выполняют либо жестким, состоящим из отдельных линейных секций (рис. 15.5, а), либо канатным, состоящим из двух параллельно натянутых канатов, опирающихся на стойки (рис. 15.5, б).

Наибольшее распространение получили ленточные конвейеры с жестким ставом. Линейные секции става выполняют из швеллеров, соединенных болтами. Стойки секций крепят костылями к брусам, расположенным на почве выработки. Для защиты нижней ветви ленты от заштыбовки и возможных попаданий горной массы с рабочей ветви ленты на нижнюю ветвь секции накрывают стальными листами.

В подземных горизонтальных выработках (например, панельных) для транспортирования калийных руд применяют ленточные конвейеры с канатным ставом. Концы канатов через винтовые вертлюги, предназначенные для натяжения канатов, закрепляют анкерами к почве выработки. Верхние трехроликовые опоры закрепляют на канатах, а нижние — на стойках. По сравнению с жестким канатный став обладает рядом преимуществ: меньшая металлоемкость, лучшее центрирование ленты, снижение ударных нагрузок на ленту.

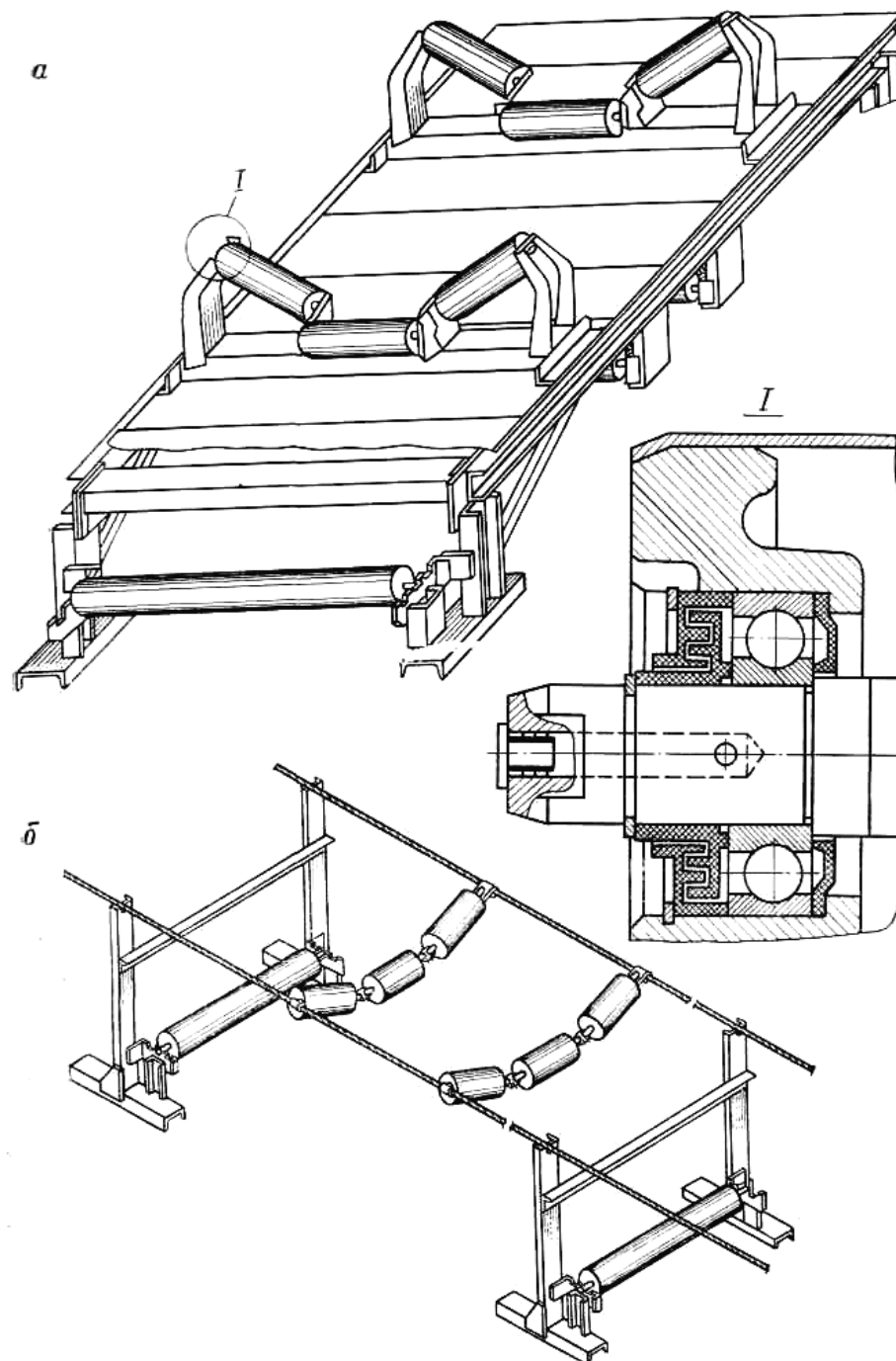


Рис. 15.5. Роликовые ставы ленточных конвейеров

Для поддержания верхней рабочей ветви ленты по длине конвейера применяют, в основном, трехроликовые опоры с углом наклона боковых роликов $30\text{—}40^\circ$ (для широких лент на открытых работах применяют пятироликовые опоры). Три ролика, образующие желоб для ленты, жестко закрепляют на кронштейнах в единую опору (рис. 15.6, а, б) или соединяют между собой шарнирно (рис. 15.6, в). Роликоопоры с шарнирным соединением роликов, называемые гирляндными, улучшают центрирование ленты и обеспечивают ее большую желобчатость.

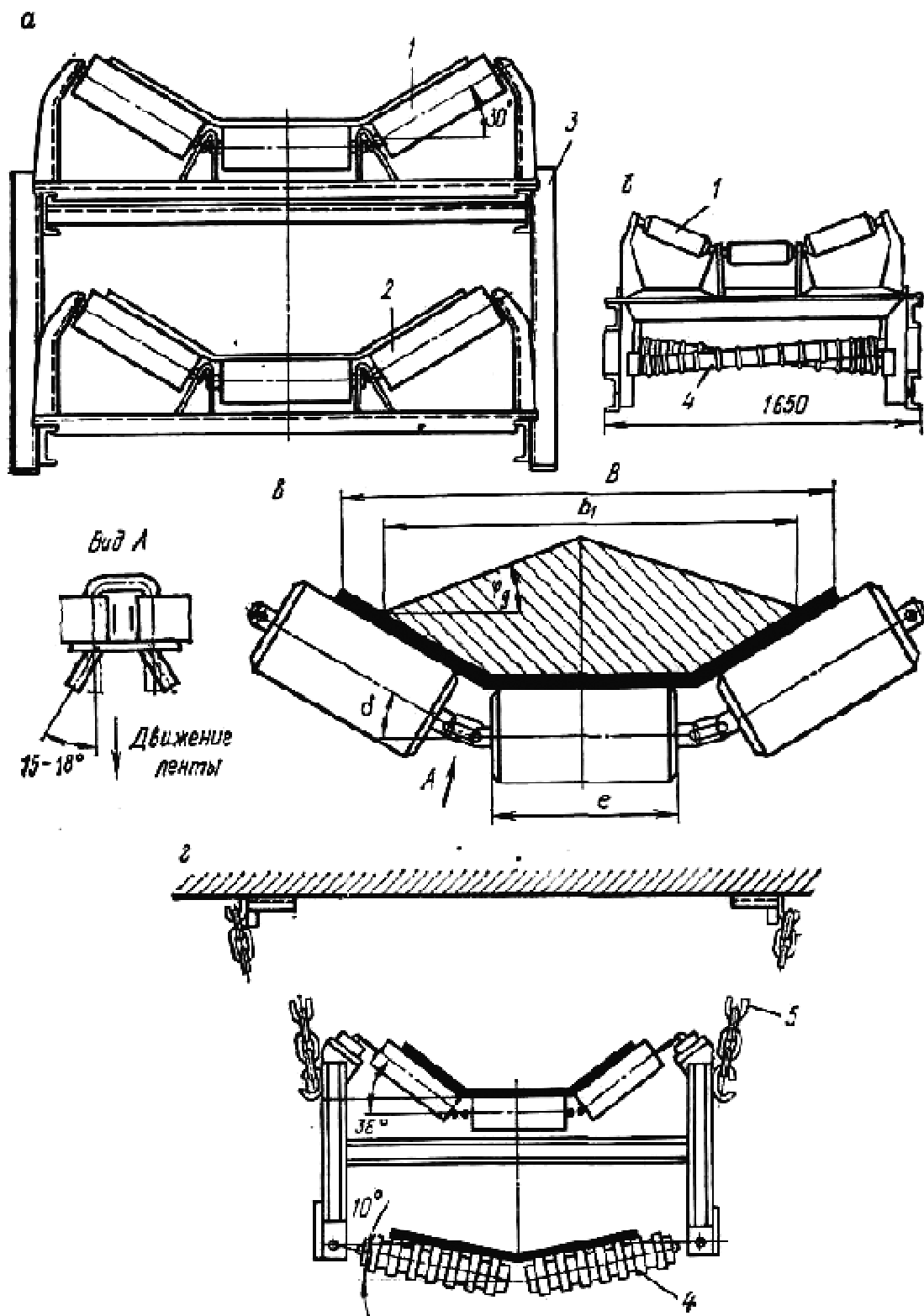


Рис. 15.6. Роликоопоры ленточного конвейера: 1,2 — ролики соответственно верхней и нижней ветвей ленты; 3 — секции става конвейера; 4 — центрирующая роликоопора нижней ветви ленты; 5 — цепи

Ролики выполняют на шарикоподшипниках с лабиринтными уплотнениями, исключающими попадание пыли в подшипниковые узлы и сохраняющими смазку в течение всего периода эксплуатации роликов (см. рис. 15.5, а, вид I).

На нижней (порожней) ветви устанавливают опоры: однороликовые; трехроликовые, как и на верхней ветви (см. рис. 15,6, а); V-образные двухроликовые с углом наклона роликов $10\text{--}15^\circ$ (см. рис. 15.6, б), улучшающие центрирование нижней ветви ленты. С целью предотвращения налипания частиц груза нижние ролики футеруют резиновыми кольцами.

Линейные роликоопоры устанавливаются на стае на расстоянии 1200—1400 мм друг от друга для верхней ветви ленты и 2400—2800 — для нижней ветви ленты.

Кроме линейных роlikоопор применяют специальные роlikоопоры: центрирующие, предотвращающие боковой сход ленты; амортизирующие, располагаемые под лентой в местах подачи на нее горной массы (набор резиновых цилиндрических роlikов или ролики, футерованные резиновыми кольцами).

Став конвейера с роlikоопорами, как правило, располагают на почве выработки, однако при пучащей почве или большой обводненности его подвешивают на цепях к кровле (рис. 15,6, з). Для полустационарных конвейеров жесткий став выполняют из отдельных линейных секций с бесболтовыми легкоразборными соединениями.

Загрузочные устройства, способствующие увеличению долговечности ленты и обеспечивающие нормальный режим работы ленточных конвейеров, должны отвечать следующим основным требованиям: обеспечение минимальной высоты падения горной массы на ленту и придание грузопотоку скорости, равной или-близкой по величине и направлению к скорости движения ленты; равномерное поступление горной массы на ленту в соответствии с производительностью конвейера.

Загрузку ленточного конвейера производят обычно в его концевой части с помощью питателей, добычных или погрузочных машин, из различных бункеров с подачей груза на ленту с помощью специальных наклонных полукругового сечения: лотков и различных питателей. Под лентой в месте загрузки устанавливают амортизирующие обрeзиненные ролики с шагом 0,4—0,6 м, а над лентой монтируют приемную воронку с боковыми направляющими резиновыми бортами, нижняя кромка которых соприкасается с верхней обкладкой ленты и предохраняет от просыпи мелочи.

Очистные устройства и ловители. Для очистки рабочей обкладки ленты от прилипших частиц горной массы, которые при попадании на нижнюю ветвь загрязняют и изнашивают нижние роlikоопоры и заштыбовывают пространство под нижней ветвью ленты, применяют очистные устройства. Обычно их устанавливают на нижней ветви ленты после ее сбегания с головного разгрузочного барабана. Очистные устройства могут быть выполнены в виде скребков, армированных полосовой резиной и прижимаемых к очищаемой поверхности ленты грузом или пружиной (рис. 15.7, а); скребков клавишного расположения (рис. 15.7, б); гидроочистителей, обеспечивающих гидросмыв налипших частиц с ленты. Разработаны и другие конструкции очистных устройств — щеточные (рис. 15.7, в) и в виде спирального ролика (рис. 15.7, г). Конструкция очистного устройства зависит от влажности, липкости и других свойств транспортируемой горной массы. Наибольшее распространение получили очистные устройства, выполненные в виде скребков. На мощных ленточных конвейерах, транспортирующих дробленые крепкие руды, применяют гидроочистку ленты.

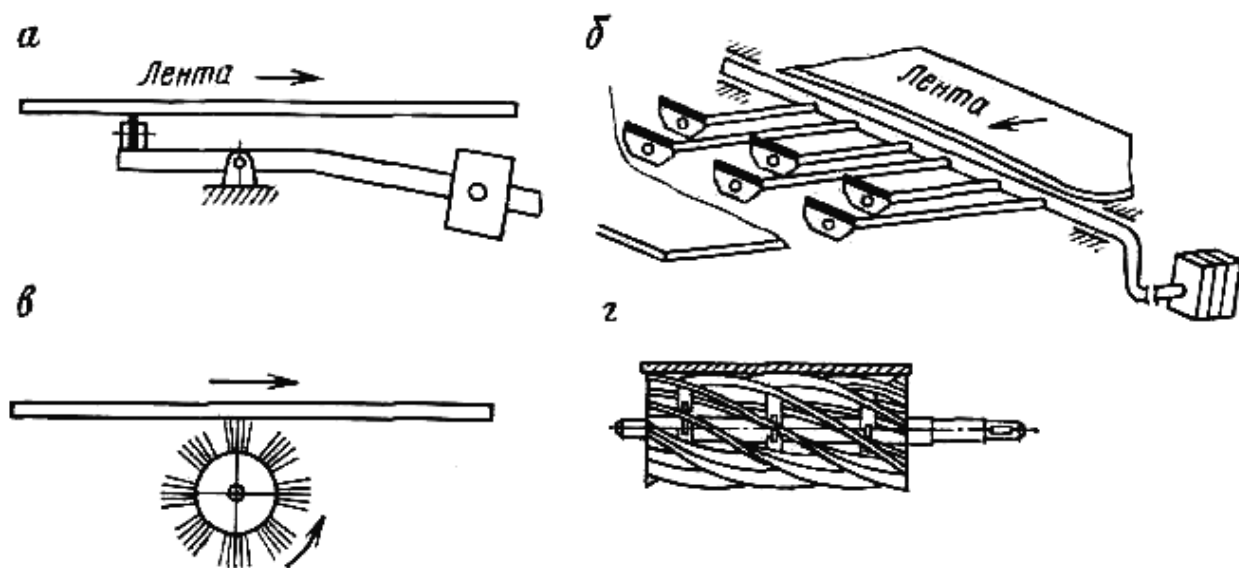


Рис.15.7. Очистные устройства ленточных конвейеров

На наклонных мощных ленточных конвейерах устанавливают ловители для удержания рабочей ветви ленты с грузом в случае ее обрыва. На подземных конвейерах применяют ловители различных типов. Наиболее распространенные из них — ловители клинового типа, принцип действия которых следующий: при прямом ходе клиновые захваты, в которые входят края ленты,

раздвигаются, а при обрыве и в начале движения ленты в обратном направлении сходятся и зажимают ленту.

15.3. Типы ленточных конвейеров

На рудных шахтах в зависимости от условий эксплуатации применяют ленточные конвейеры с лентой шириной 650, 800, 1000, 1200 и, реже, 1600 и 2000 мм.

Отечественной промышленностью для подземного транспорта угольных и рудных шахт выпускаются согласно типовому ряду, главным параметром которого является ширина ленты, следующие модели ленточных конвейеров: Л — ленточный; ЛБ — ленточный бремсберговый; ЛТ — ленточный телескопический укорачивающийся; ЛТП — ленточный телескопический [проходческий удлиняющийся; ЛН — ленточный для наклонных выработок с углами наклона до $\pm 25^\circ$. В обозначении типа конвейера цифры справа от основного буквенного индекса соответствуют ширине ленты в сантиметрах, цифры слева — типоразмеру приводной станции, буквенный индекс справа от цифры — исполнение конвейера. В обозначении конвейеров, собираемых из унифицированных блоков, добавляют справа букву У.

Основные параметры унифицированных шахтных ленточных конвейеров приведены в табл. 15.3.

Т а б л и ц а 15.3

Технические характеристики шахтных ленточных конвейеров

Тип конвейера	Назначение	Скорость ленты, м/с	Производительность максимальная, т/ч	Приемная способность, м ³ /мин	Суммарная мощность, кВт	Тип ленты	Длина поставки, м
1Л80У	Для участковых выработок с углами наклона от -10° до $+10^\circ$	2; 2,5	420; 520	8,2; 10,2	45×1	2Ш×800×4×ТК(А)-100×4,5-3,5×ГЗ	500
2Л80У	То же от -3° до $+6^\circ$						
2ЛТП80У	Для работы с проходческими комбайнами при углах наклона от -10° до $+10^\circ$	2,5	520	10,2	55×2	2Ш×800×4×ТК-200×4,5-3,5×ГЗ	1000
1Л100У	Для участковых выработок с углами наклона от -3° до $+18^\circ$	2	680	13,4	75×1	2Ш×1000×4×ТК-200×4,5-3,5×Г1	450
2Л100У	Для выработок с углами наклона от -16° до $+18^\circ$	2,5	850	16,8	110×2	2РТЛО-1500×1000	1000
2ЛН100	Для капитальных выработок с углами наклона от $+18^\circ$ до $+25^\circ$		620	12,2	Н. д.	2РТЛО-2500-Риф ⁸	Н. д.
1Л120	То же от -3° до $+18^\circ$		1260	24,8	250×2	2РТЛО-1500×1200	Н. д.
2Л120А	Для наклона стволов с углами	3,15	1590	31,2	500×2	2РТЛО-2500×1200	1000

⁸ С рифленой поверхностью

2Л120БМ 2Л120В 2ЛБ120	от -3 до +18° То же				500×3 250×4 250×2	2РТЛО-3150×1200 2РТЛО-2500×1200	
	Для капитальных выработок с углами наклона от -16 до -3°		1470	31,0			800

При добыче марганцевых руд длинными столбами с выемкой заходками (Никопольское месторождение) в качестве забойного транспорта используют ленточные секционные конвейеры типа КЛЗС2, которые удлиняют линейными секциями длиной 2 м и отрезками ленты длиной 4 м. Ширина ленты этого конвейера 650 мм, скорость ее движения 1,1 м/с, производительность конвейера 150 т/ч. В качестве сборочных конвейеров на марганцевых шахтах применяют конвейеры с лентой шириной 800 мм.

Кроме того, для транспортирования калийных руд по панельным выработкам применяют ленточные конвейеры типа КЛЗ-500 и КЛ-600. Став конвейера КЛЗ-500 — канатный, ширина ленты 1000 мм, скорость движения ленты 2,26 м/с, производительность конвейера 500 т/ч, максимальная длина 400 м, мощность привода 75 кВт. Ленточный конвейер КЛ-600 при ширине ленты 1000 мм и скорости ее движения 2,6 м/с обеспечивает производительность 650 т/ч. Длина конвейера 600 м, мощность привода 150 кВт.

Для транспортирования калийной руды по капитальным горизонтальным и наклонным выработкам применяют ленточные конвейеры унифицированного ряда типа 1Л120 и 2Л120В (см. табл. 15.3).

При добыче руд черных и цветных металлов и горно-химического сырья для транспортирования дробленой руды крупностью 200—250 мм по наклонным стволам применяют ленточные конвейеры 2Л120А и 2Л120БМ.

Ленточный конвейер 2Л120А (рис. 15.8, а) включает двухбарабанную приводную станцию 2, выносной разгрузочный барабан 1, натяжную станцию 4, жесткий став 3 и загрузочное устройство 5. При ширине ленты 1200 мм и скорости движения 3,15 м/с техническая производительность конвейера составляет 1500 т/ч, суммарная мощность приводов 1000 кВт. Основное отличие конвейера 2Л120Б от 2Л120А заключается в следующем: на головном выносном барабане установлен дополнительно электропривод мощностью 500 кВт (суммарная мощность 3х500 кВт); использована более прочная лента 2РТЛО3150 (см. табл. 15.3). График зависимости длины L конвейера 2Л120А от его технической производительности Q и угла установки β приведен на рис. 15.9.

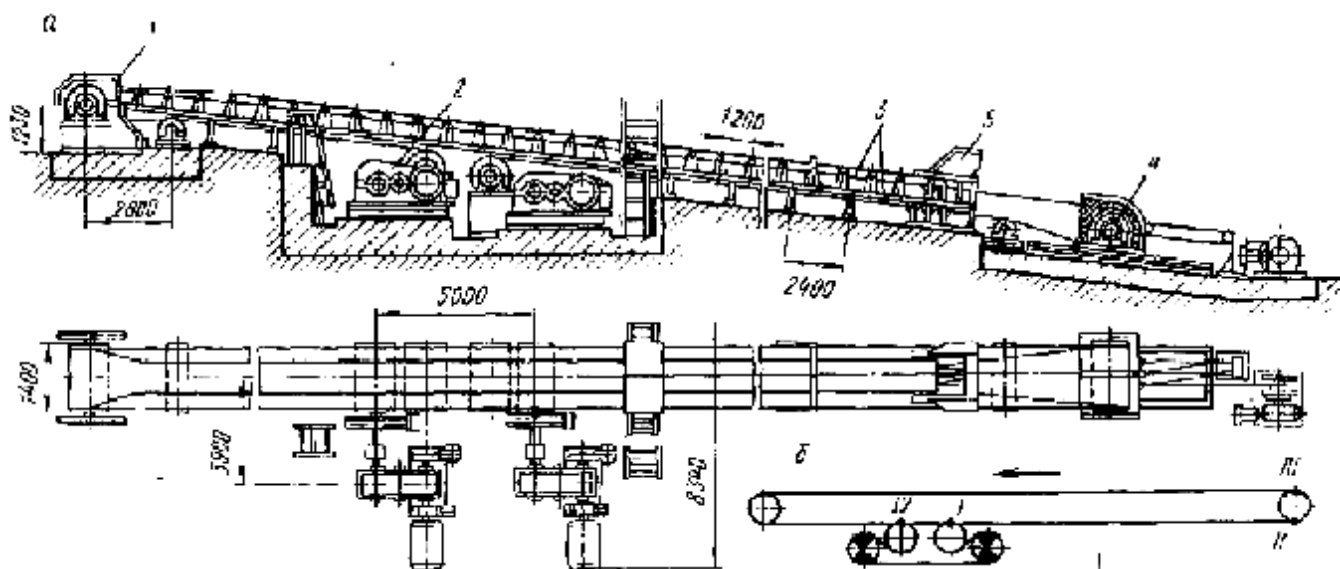


Рис. 15.8. Ленточный конвейер 2 Л120А (а) схема заправки ленты конвейера (б)

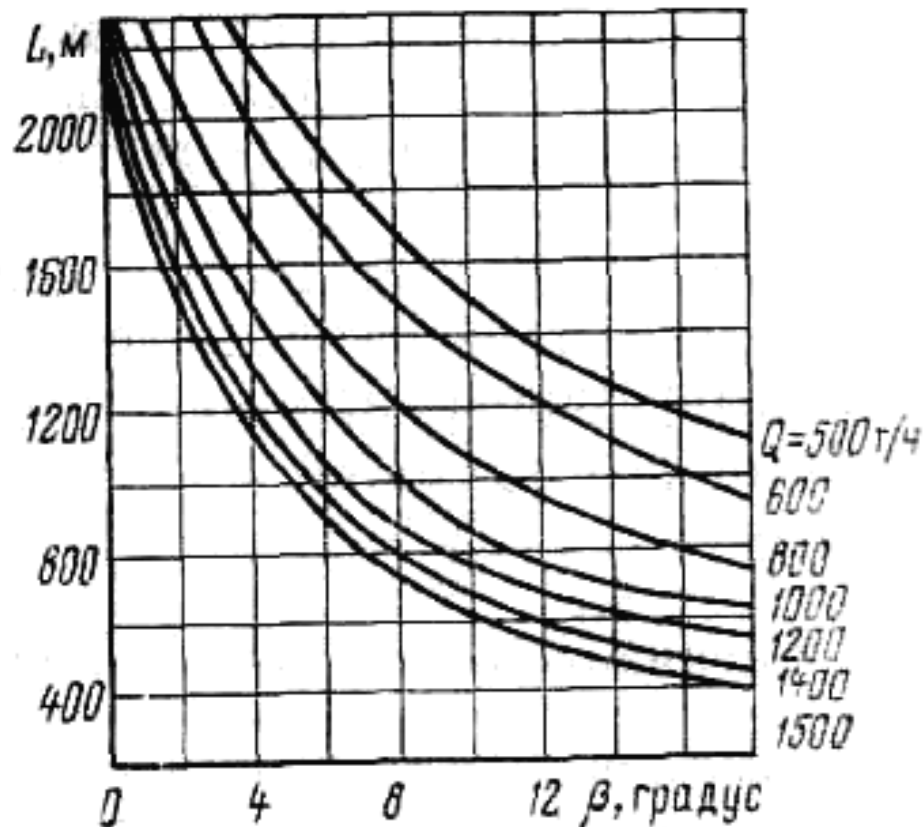


Рис. 15.9. График зависимости длины конвейера от его производительности и угла установки

На Кировском руднике ПО «Апатит» находится в эксплуатации конвейерный подъем апатитовой руды, включающий две параллельно установленные конвейерные линии, каждая из которых состоит из трех ленточных конвейеров типа 2ЛУ120А (см. рис. 13.1, з). Общая длина одной конвейерной линии 1160 м, максимальный угол наклона конвейера 16°.

На шахте «Артем-2» (Кривбасс) по добыче железной руды в двух параллельных наклонных стволах под углом 16° установлены уникальные конвейерные линии, каждая из которых состоит из шести конвейеров общей длиной 3 км (6×500 м). Ширина применяемой на конвейерах резинотросовой ленты 2000 мм, скорость ее движения 3,15 м/с. Техническая производительность конвейера 6000 т/ч. Мощность двигателей двухбарабанного привода одного наклонного конвейера длиной 500 м составляет 3750 кВт. Руда к конвейерной линии доставляется с нескольких горизонтов, далее поступает по рудопускам к дробильным установкам, от которых уже размельченная (максимальный размер куска до 150 мм) подается на ленту конвейера.

15.4. Специальные ленточные конвейеры

Кроме ленточных конвейеров в обычном исполнении, применяются конвейеры, конструкции которых разработаны для определенных условий эксплуатации и транспортирования различных по характеристике грузов.

Телескопические ленточные конвейеры позволяют периодически увеличивать (или сокращать) их длину вслед за продвижением забоя без рассоединения ленты. На нижней ветви ленты 1 телескопического конвейера (рис. 15.10, а) установлено телескопическое устройство, включающее спаренные натяжные барабаны 2 и 3, обеспечивающие запасовку петли ленты длиной до 96 м, что позволяет изменять длину конвейера до 48 м без рассоединения ленты. Концевая секция 4 конвейера выполнена подвижной на катках 5 и снабжена приводной лебедкой 6. Для перемещения секции 4 канат 7 лебедки 6 закрепляют к крепи выработки. По мере продвижения забоя и перемещения концевой секции 4 изменяется длина конвейера за счет уменьшения расстояния между барабанами 2 и 3 и выбора петли ленты на телескопическом устройстве.

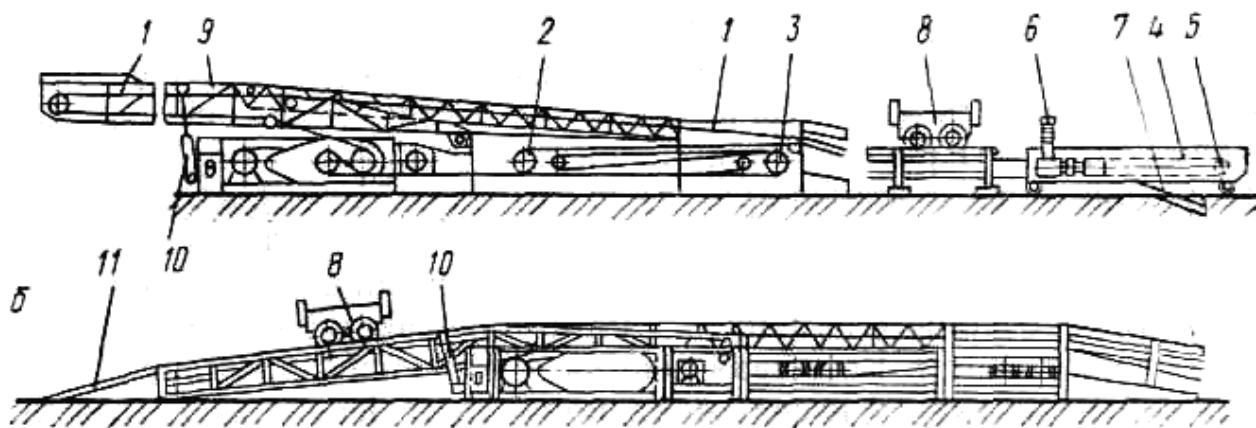


Рис. 15.10. Телескопический ленточный конвейер:

а — в рабочем положении; *б* — при опущенной консоли для перегона грузовой тележки

На ставе по всей длине конвейера расположены направляющие для перемещения в забой грузовой тележки 8 с крепью и другими вспомогательными грузами. На разгрузочной консоли 9, шарнирно закрепленной на металлоконструкции конвейера и перемещаемой в вертикальной плоскости гидроцилиндрами 10, шарнирно закреплен съезд 11. При опущенной консоли 8 и откинутом съезде 10 (рис. 15.10, *б*) тележку с шахтного пути перемещают на направляющие откидного съезда и далее по ставу конвейера доставляют ее в забой.

Описанный конвейер предназначен для установки в выемочных штреках при разработке марганцевых руд длинными столбами с заходками. При ширине ленты 650 мм конвейер обеспечивает техническую производительность 200 т/ч. Длина конвейера 500 м мощность привода 40 кВт.

Ленточно-канатные и ленточно-цепные конвейеры. В ленточно-канатном конвейере функции несущего и тягового органа разделены: функции несущего органа выполняет специальная невысокой прочности лента, а функции тягового органа—два стальных каната.

Ленточно-канатный конвейер (рис. 15.11, *а*) состоит из двух замкнутых и вертикальной плоскости контуров тяговых канатов 1, на которых свободно лежит лента 2. Верхняя и нижняя ветви канатов по длине конвейера поддерживаются роликами 3, расположенными на опорных стойках 4. Ролики верхней ветви канатов попарно расположены на балансирах 5. Каждый контур канатов в головной части конвейера огибает индивидуальные канатопроводящие шкивы трения, соединенные между собой дифференциальным редуктором, обеспечивающим выравнивание скоростей тяговых канатов. Каждый тяговый канат имеет самостоятельное натяжное грузовое устройство, расположенное обычно в хвостовой части конвейера.

Лента конвейера (рис. 15.11, *б*) имеет одну или две тканевые прокладки 6, между которыми с шагом 60—80 мм расположены поперечные стальные рессоры 7, а также верхнюю (рабочую) обкладку 8 и нижнюю 9. Вдоль ленты сверху и снизу расположены резиновые борта 10 с канавками клиновидной формы, которыми лента опирается на тяговые канаты. Для уменьшения диаметра рулона ленты и возможности его транспортирования по горным выработкам боковые борта на верхней и нижней сторонах ленты смещены относительно друг друга.

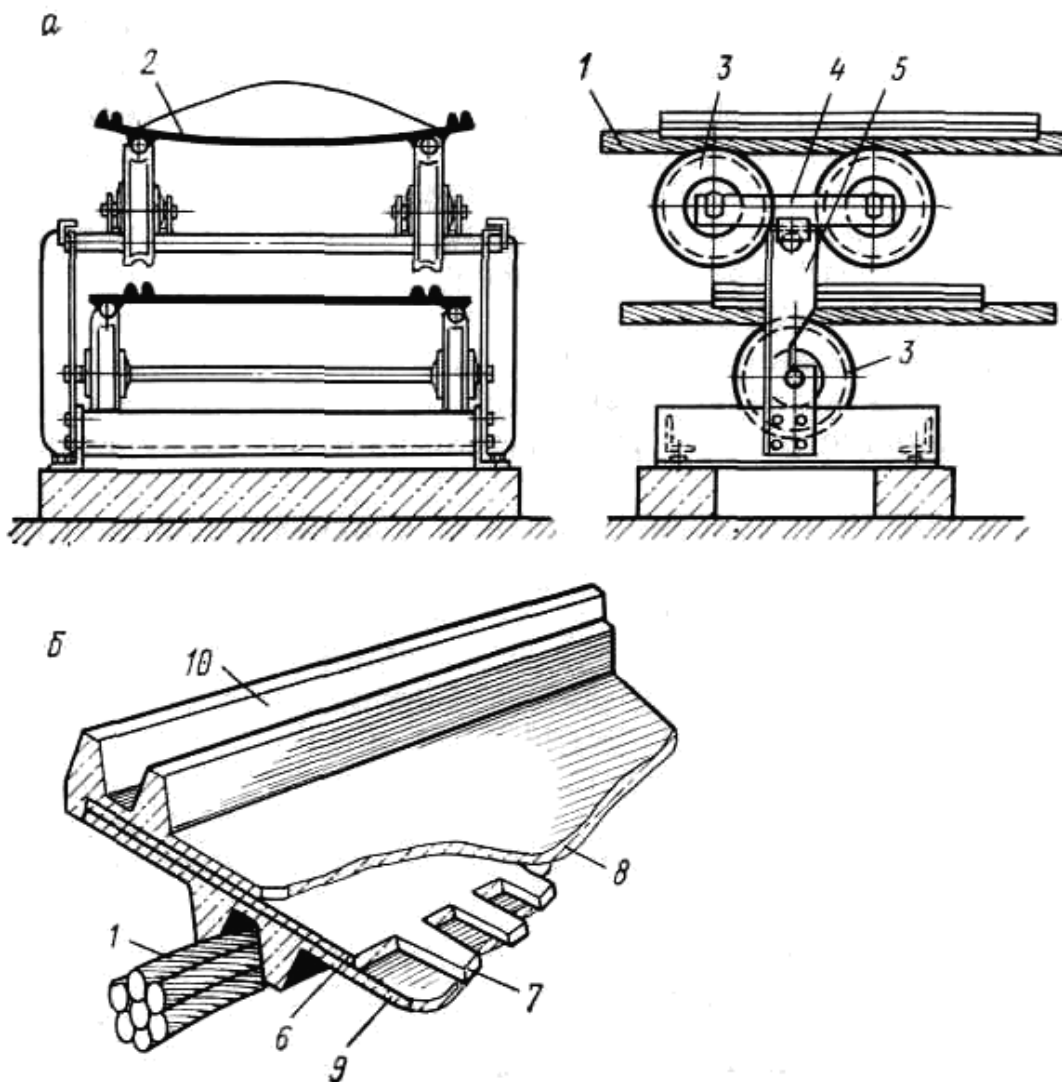


Рис. 15.11. Ленточно-канатный конвейер: *а* – поперечное сечение; *б* – конструкция ленты.

В ненагруженном состоянии лента прямая и занимает горизонтальное положение. Под действием транспортируемого груза рессоры прогибаются, и лента принимает желобчатую форму. Ширина ленты (расстояние между осями верхних канатов) составляет 900—1400 мм.

Применяются канаты только односторонней свивки диаметром 32—50 мм. Для увеличения долговечности тяговых канатов поддерживающие ролики футеруют сменными полиуретановыми кольцами.

Преимущества ленточно-канатных конвейеров: большая длина в одном ставе (за рубежом на поверхности эксплуатируется ленточно-канатный конвейер длиной 29 км); большой срок службы ленты (до 10—15 лет), не передающей тяговые усилия; низкий коэффициент сопротивления перемещению (до 0,01 — 0,015), т. е. в 2,5 раза меньше, чем для обычного ленточного конвейера; малая металлоемкость линейной части конвейера. Недостатки: ограниченная кусковатость транспортируемой горной массы (до 150—200 мм), относительно небольшой срок службы тяговых канатов (до 7—8 тыс. ч).

Производительность ленточно-канатного конвейера по руде—до 2000—2500 т/ч, скорость канатов —до 4—6 м/с, предельный угол наклона 16°.

Ленточно-канатные конвейеры большой длины являются уникальными установками и применяются редко, в основном, для транспортирования горной массы по длинным магистральным выработкам, наклонным стволам и на поверхности горнодобывающих предприятий.

В ленточно-цепных конвейерах, как и в ленточно-канатных, функции несущего органа выполняет лента, а тягового — одна или две цепи, жестко или фрикционно соединенные с лентой. Изготовление ленточно-цепных конвейеров было обусловлено отсутствием высокопрочных лент и необходимостью увеличения длины конвейера в одном ставе за счет прочности цепей и установки промежуточных приводов. Однако ввиду сложности конструкции, ограниченной скорости транспортирования (до 1 м/с) и невысокой производительности, а также в связи с появлением

высокопрочных лент ленточно-цепные конвейеры в настоящее время применяются весьма ограничено.

Конвейеры ленточно-тележечные для крупнокусовых скальных грузов, в которых, в отличие от обычного ленточного конвейера, лента перемещается не по стационарным роlikоопорам, а лежит на ходовых опорах-тележках и перемещается вместе с ними, позволяют транспортировать весьма крупные скальные грузы.

В ленточно-тележечном конвейере (рис. 15.12), конструкция которого была предложена чл.-корр. АН СССР А. О. Спиваковским, лента 1 на верхней грузовой ветви лежит на футерованных резиной дугообразных траверсах 2, снабженных ходовыми колесами 3 и соединенных между собой двумя замкнутыми неприводными цепями 4. Дугообразные траверсы с колесами (тележки) перемещаются лентой по направляющим рельсам 5 за счет сил трения. Привод и натяжное устройство — от обычного ленточного конвейера. На нижней ветви лента отходит от траверс и поддерживается роlikоопорами 6. Загрузка конвейера вибропитателями 7 возможна в любой точке по длине става (см. рис. 13.4).

Изготовленные институтом «Гипроникель» ленточно-тележечные конвейеры КЛТ-120 и КЛТ-160 с лентами шириной соответственно 1200 и 1600 мм прошли промышленные испытания на руднике «Юкспорский» ПО «Апатит» на доставке руды из добычного орта до рудоперепускного ствола. Техническая производительность конвейера КЛТ-160 при скорости ленты 1 м/с составляет 2500 т/ч, максимальный размер транспортируемых кусков руды 1200—1400 мм.

Ленточно-тележечные конвейеры могут применяться при отработке мощных месторождений крепких руд. При использовании конвейеров такого типа возможна доставка и транспортирование рядовой крупнокусовой руды от очистного забоя по магистральным выработкам до рудоперепускного ствола, а в перспективе и по наклонному стволу до обогатительной фабрики. Полная конвейеризация доставки, транспортирования и подъема крепких руд позволяет создать поточную технологию отработки мощных месторождений и значительно повысить интенсивность ведения горных работ.

Крутонаклонные ленточные конвейеры. В определенных условиях эксплуатации и на некоторых погрузочных машинах и перегружателях, для подачи горной массы под углами свыше 18° , применяют крутонаклонные конвейеры. Повышение углов транспортирования достигается различными путями: применение лент, на рабочей поверхности которых привулканизированы различные выступы и рифления, поперечные перегородки с бортами; придание ленте формы глубокого желоба; использование дополнительных подвижных прижимных лент, расположенных над рабочей грузонесущей лентой конвейера, и др.

Ленты крутонаклонных конвейеров, применяемые для транспортирования мелкокусовой горной массы, имеют выступы и рифления на рабочей поверхности, высота которых равна, примерно, двойной толщине ленты. Выступы выполняют в виде шевронов, отдельных цилиндров, сплошных дугообразных выступов и др. Рифленные ленты (рис. 15.13, а) позволяют увеличить угол наклона установки конвейера до $27\text{—}29^\circ$. На нижней ветви рифления свободно проходят по цилиндрическим роlikоопорам.

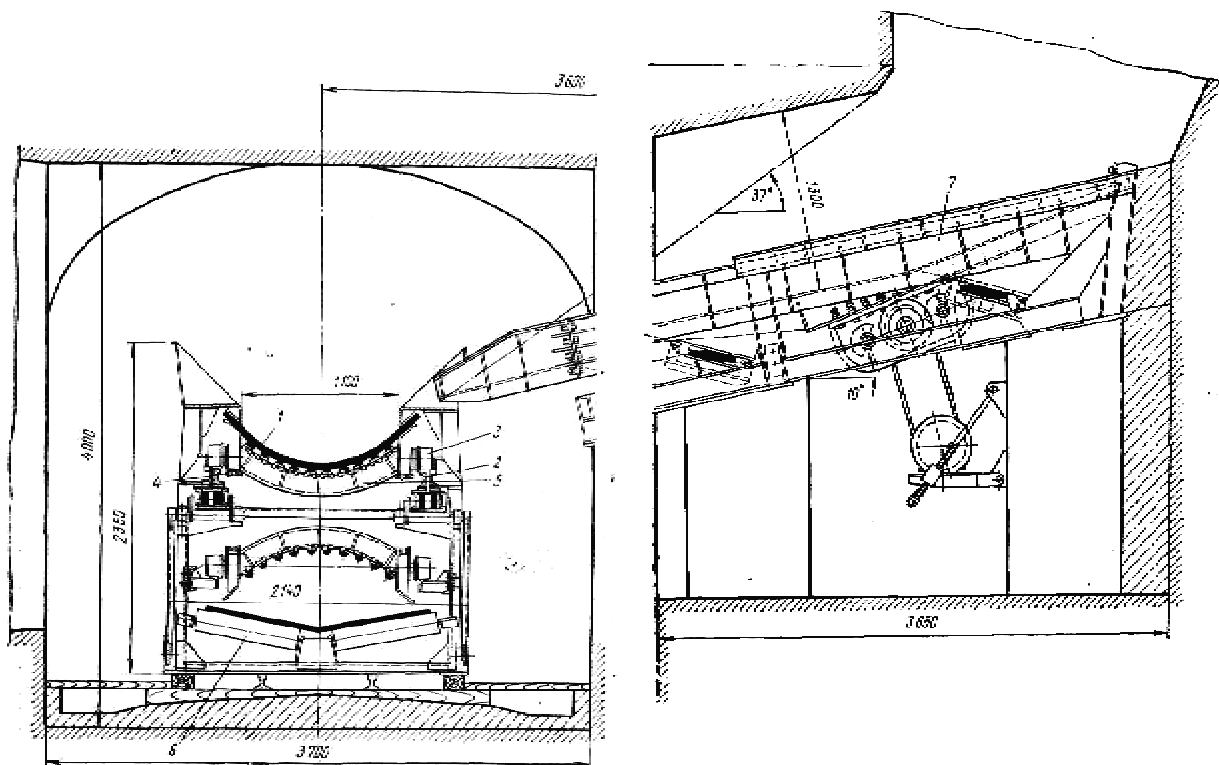


Рис. 15.12. Конвейер ленточно-тележный

Ленты с поперечными перегородками и гофрированными бортами (рис. 15.13,б) применяются на конвейерах, установленных под углами $40\text{--}60^\circ$. На нижней ветви лента либо опирается своими краями на дисковые боковые ролики, либо нижняя ветвь целиком поддерживается неприводными вспомогательными контурами лент.

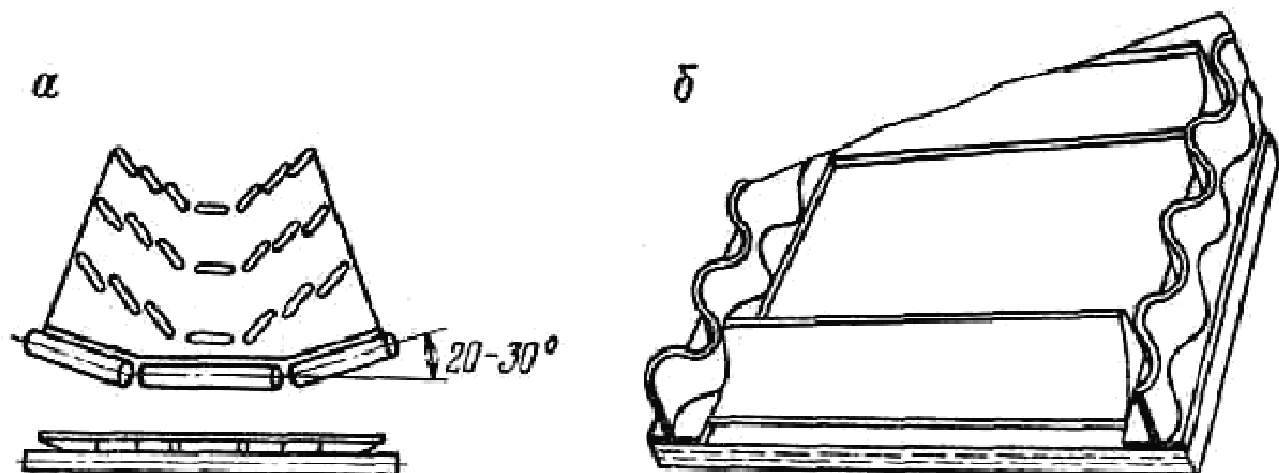


Рис 15.13. Конструкции лент крутонаклонных конвейеров

Конвейерные перегружатели. Перегрузатель представляет собой относительно короткий (6—25 м) передвижной ленточный конвейер с наклонной частью и горизонтальной стрелой. Перегрузатели применяют при проведении выработок для передачи горной массы от погрузочной машины, проходческого комбайна или щита в нерасцепленный состав вагонеток, расположенных под горизонтальной стрелой перегружателя, или на другие транспортные средства. С помощью перегружателей обеспечивается непрерывная загрузка состава вагонеток, что позволяет значительно увеличить коэффициент использования во времени погрузочных и проходческих машин.

Перегрузатели выполняют самоходными с электрическим: или пневматическим приводом или несамоходными, перемещаемыми буксировкой от погрузочной машины.

Механизм перемещения перегружателя может быть колесно-рельсовым или пневмошинным, или смонтирован на лыжах. Существуют перегружатели, перемещающиеся по монорельсу, закрепленному к кровле выработки.

На отечественных рудных шахтах используют ленточные перегружатели типа ПСК (перегрузатель самоходный конвейерный) с шириной ленты 650 мм. Техническая производительность ПСК 120 м³/ч.

Ленточные конвейеры на скользящих опорах и с бесконтактной подвеской ленты. В конвейерах со скользящими опорами рабочая ветвь ленты лежит на стационарных опорах, расположенных под лентой в форме желоба и выполненных из специальных материалов с относительно небольшим коэффициентом трения в паре с лентой (до 0,1—0,2). В процессе работы конвейера лента скользит по опорам. Благодаря отсутствию роликоопор значительно упрощается конструкция линейной части конвейера. Недостатки — небольшие скорость и производительность, нагрев и износ ленты. Конвейеры этого типа находятся на стадии экспериментальных исследований.

Разрабатываются конструкции ленточных конвейеров на магнитной и воздушной подушках, в которых рабочая ветвь ленты поддерживается путем магнитного подвешивания или струей воздуха, нагнетаемого под ленту через отверстия в желобе. В конвейерах этого типа с бесконтактной подвеской ленты: коэффициент сопротивления движению ленты очень мал.

15.5. Эксплуатационный расчет ленточного конвейера

Исходными данными для расчета ленточного конвейера являются: расчетный грузопоток, поступающий на конвейер; плотность, гранулометрический состав и угол естественного откоса транспортируемой горной массы; максимальная длина транспортирования и угол наклона трассы; параметры конвейера в соответствии с технической характеристикой; условия эксплуатации (стационарная или полустационарная установка).

Цель расчета — проверка соответствия параметров установленного конвейера условиям его эксплуатации, а именно — проверка ширины ленты по расчетному грузопотоку, определение запаса прочности ленты и мощности привода, а также возможной длины конвейера в одном ставе. Полученные расчетные параметры сравнивают с фактическими параметрами ленточного конвейера.

Техническая производительность (т/ч) ленточного конвейера

$$Q_T = 3600 \Omega g k_b k_l \quad (15.1)$$

где Q — площадь поперечного сечения горной массы на ленте конвейера, м²; k_b — коэффициент снижения площади поперечного сечения горной массы на ленте в зависимости от угла наклона конвейера; k_l — коэффициент, учитывающий условия эксплуатации ($k_l = 1$ — для стационарной установки, $k_l = 0,95$ — для полустационарной).

Площадь поперечного сечения (м²) горной массы на ленте при трехроликовой опоре (см. рис. 15,6, в)

$$\Omega = \frac{1}{4} b_1^2 \operatorname{tg} j_\delta + \frac{1}{4} (b_1^2 - l^2) \operatorname{tg} d \quad (15.2)$$

где $b_1 = 0,9B—0,05$ — рабочая ширина ленты, м (см. рис. 16.5, в); B — ширина ленты, м.

С достаточной точностью техническую производительность можно определить по формуле

$$Q_T = k_{II} B^2 n g k_b k_l \quad (15.3)$$

В этой формуле значения коэффициента производительности

$$k_{II} = \frac{3600 \Omega}{(0,9B - 0,05)^2}$$

зависят от угла δ установки боковых роликов и угла естественного откоса ϕ_d транспортируемой горной массы (табл. 15.4).

Скорость движения ленты v для подземных ленточных конвейеров выбирают в зависимости от ширины ленты и видатранстируемого груза из следующего ряда: 1; 1,6; 2; 2,5; 3,15; 4 м/с. Для расчета производительности значение v принимают по характеристике конвейера. Если производительность задана, то по формуле (15.3) можно определить необходимую скорость ленты.

При углах установки конвейера от 0 до 6° коэффициент $k_\beta = 1$ от 6 до 18° — $k_\beta = 0,95$

Значения коэффициента производительности k_{Π}

Тип роlikоопоры	Расчетный угол откоса насыпного груза		
	15	20	25
Однороликовая	250	330	420
Двухроликовая с углом наклона роликoв δ , градус:			
20	500	580	660
45	570	615	660
Трехроликовая с углом наклона боковых роликoв δ , градус:			
20	470	550	640
30	550	625	700
35	590	660	730
45	635	690	750

Необходимая техническая производительность ленточного конвейера должна быть на 15—20% больше поступающего на конвейер грузопотока горной массы.

Необходимая ширина ленты (м)

$$B = 1,1 \left(\sqrt{\frac{Q_T}{k_{\Pi} k_b k_{\Pi} n g}} \right) \quad (15.4)$$

Полученную ширину ленты округляют до стандартной ширины B_k и проверяют по кусковатости горной массы:

для рядового груза; содержащего куски максимальных размеров в количестве до 10% от общей массы,

$$B_k \geq 2a_{\max} + 200; \quad (15.5)$$

для сортированного груза

$$B_k \geq 3,3a_{\text{ср}} + 200, \quad (15.6)$$

где $a_{\max}$ и $a_{\text{ср}}$ — соответственно наибольший и средний размеры куска, мм.

Для определения натяжения и запаса прочности ленты выполняют тяговый расчет ленточного конвейера методом обхода-контра по точкам (см. 2.2) с учетом конфигурации трассы и схемы обводки лентой барабанов:

$$W_{\text{зп}} = Lg \{ [(q + q_{\text{л}}) \cos b + q_{\text{в}}] v \pm (q + q_{\text{л}}) \sin b \} \quad (15.7)$$

$$W_{\text{нор}} = Lg \{ [q_{\text{л}} \cos b + q_{\text{н}}] v \pm q_{\text{л}} \sin b \} \quad (15.8)$$

где q , $q_{\text{л}}$, $q_{\text{в}}$ и $q_{\text{н}}$ — масса, приходящаяся на 1 м длины конвейера, соответственно груза, ленты и вращающихся частей роlikоопор верхней и нижней ветвей, кг/м. Значения $q_{\text{в}}$ и $q_{\text{н}}$ принимают по данным завода-изготовителя или вычисляют по формулам:

$$q = \frac{Q}{3,6n}; \quad q_{\text{в}} = \frac{G_{\text{в}}}{l_{\text{в}}}; \quad q_{\text{н}} = \frac{G_{\text{н}}}{l_{\text{н}}}$$

где $l_{\text{в}}$ и $l_{\text{н}}$ — расстояние между роlikоопорами, м; $G_{\text{в}}$, $G_{\text{н}}$ — масса (кг) вращающихся частей соответственно верхней и нижней роlikоопор, принимаемая в зависимости от ширины ленты B (мм):

B	800	1000	1200	1600
$G_{\text{в}}$ трехроликовой опоры	8,5	22	57	116
$G_{\text{н}}$ однороликовой опоры	7,7	19	40	78

Линейную массу ленты $q_{\text{л}}$ определяют по технической характеристике ленты; для резинотросовой — по табл. 15.2, для резинотканевой — по табл. 15.5.

Для подземных конвейеров коэффициент сопротивления движения ленты по роlikовому ставу $\varpi = 0,035 \div 0,04$.

Тяговое усилие привода конвейера (Н)

$$F = k(W_{\text{гxi}} + W_{\text{нор}}) = S_{\text{наб}} S_{\text{сб}}, \quad (15.9)$$

где k — коэффициент, учитывающий местные сопротивления на конвейере (наличие отклоняющих барабанов, загрузочных и очистных устройств) и зависящий от длины конвейера L (м):

Т а б л и ц а 15.5

Параметры резинотканевых конвейерных лент

Тип ткани тягового каркаса	Толщина наружных обкладок (верхней/нижней), мм	Линейная масса ленты q_d кг/м при числе тканевых прокладок			
		3	4	5	6
БКНЛ-65	3/1	7,3	8,2	9,1	10
ТА-100	5/2	11,6	12,8	14	15,2
ТК-100	6/2	12,8	14	15,2	16,4
	8/2	15,2	16,4	17,6	18,8
ТК-200-2	4,5/3,5	14,6	16	17,2	18,8
	6/2	13,4	14,8	16,2	17,6
	6/3,5	15,8	17,2	18,6	20
	8/2	15,8	17,2	18,6	20
ТЛК-200	6/2	14,0	15,6	17,2	18,8
	8/2	16,4	18	19,6	21,2
ТА-300	6/2	13,7	15,2	16,7	18,2
	6/3,5	16,1	17,6	19,1	20,6
ТЛК-300	6/2	14,3	16	17,7	19,4
	8/2	16,7	18,4	20,1	21,8
ТК-400	6/2	14,0	15,6	17,2	18,8
	6/3,5	15,8	17,4	19	20,6
	8/2	16,4	18	19,6	21,2
	0/3	20	21,6	23,2	24,8

L³ 850 480 230 140 80 50 30 20 10
 k1,1 1,2 1,4 1,6 1,9 2,2 2,6 3,2 4,5

Натяжение ленты во всех точках конвейера определяют методом обхода контура по точкам (см. 2.2), находят максимальное значение натяжения ленты $S_{\max}$, натяжение в точке набегания ленты на приводной барабан $S_{\text{наб}}$ и в точке сбегания $S_{\text{сб}}$ (см. рис. 2.3, а) и сравнивают их отношение с тяговым фактором $e^{\mu\alpha}$ привода конвейера (см. 15.1).

Минимальное натяжение ленты у привода на сбегавшей ветви по условию ее пробуксовки

$$S'_{\min} \geq k_T S_{\max} k_d / e^{\mu\alpha} \quad (15.10)$$

где $k_T=1,4 \div 2$ — коэффициент запаса тяговой способности привода; $k_d = 0,75 \div 1$ — коэффициент, учитывающий перегрузку ленты при пуске и торможении конвейера. Большие значения коэффициентов k_T и k_d принимают для конвейеров, не имеющих устройств смягчения пуска. Значения тягового фактора $e^{\mu\alpha}$ принимают по табл. 15.6, величину угла обхвата α — в зависимости от числа приводных барабанов и системы обводки ленты.

Минимальное натяжение ленты $S''_{\min}$ проверяют по допустимому провесу f ленты на грузовой ветви между роlikоопорами. В горизонтальных и наклонных подъемных конвейерах лента на грузовой ветви имеет минимальное натяжение обычно у хвостового барабана, т.е. $S''_{\min} = S_3$ (см. рис. 2.3,а, б). Приближенно можно считать, что лента между роliками провисает как гибкая нить, поэтому стрела провеса (м)

$$f = \frac{(q + q_d) l_B^2 g}{8 S''_{\min}} \quad (15.11)$$

Т а б л и ц а 15.6.

Значение тягового фактора e^{ma}

Барабан	Коэффициент сцепления μ	Угол обхвата α , градус (рад)							
		180 (3,14)	190 (2,32)	200 (3,5)	220 (3,84)	240 (4,19)	270 (4,71)	300 (5,24)	400 (6,98)
Обточенный	$\frac{0,2}{0,35}$	$\frac{1,37}{2,57}$	$\frac{1,39}{2,71}$	$\frac{1,42}{2,85}$	$\frac{1,47}{3,17}$	$\frac{1,52}{3,52}$	$\frac{1,6}{4,12}$	$\frac{1,69}{4,82}$	$\frac{2,01}{8,14}$
Футерованный резиной	$\frac{0,25}{0,4}$	$\frac{2,2}{3,52}$	$\frac{2,29}{3,78}$	$\frac{2,4}{4,05}$	$\frac{2,62}{4,6}$	$\frac{2,85}{5,35}$	$\frac{3,25}{6,6}$	$\frac{3,71}{8,14}$	$\frac{5,74}{16,38}$

Примечание. Данные в числителе — для условий работы конвейера при влажной атмосфере, в знаменателе — при сухой.

Принимая максимальную стрелу провеса $f_{\max} = (0,0125 \div 0,025)l_b$, минимальное натяжение (Н)

$$S''_{\min} \geq (5 \pm 10)(q + q_l)l_b g \quad (15.12)$$

Запас прочности ленты m определяют по отношению разрывной прочности ленты $S_{\text{раз}}$, установленной на конвейере, к максимальному натяжению ленты $S_{\max}$, найденному методом обхода контура по точкам:

$$m = S_{\text{раз}} / S_{\max} \quad (15.13)$$

Для резинотканевых лент $m = 9 \div 10$, для резинотросовых $m = 7 \div 9$ (большие значения принимают для наклонных конвейеров). Обычно для горизонтальных и наклонных подъемных ленточных конвейеров $S_{\max} = S_{\text{наб}}$ (см. рис. 2.3, а, б).

Установленная мощность привода (кВт) горизонтального или наклонного подъемного конвейера

$$N = \frac{k_{\text{зан}} F n}{1000 h} = \frac{k_{\text{зан}} k (W_{\text{зр}} + W_{\text{нор}}) h}{1000 h} = \frac{k_{\text{зан}} (S_{\text{наб}} - S_{\text{сб}}) h}{1000 h} \quad (15.14)$$

Максимальную длину (м) ленточного конвейера в одном ставе, ограниченную по установленной мощности привода, можно определить по формуле (15.14), заменив в ней $W_{\text{зр}}$ и $W_{\text{нор}}$ их значениями [см. формулы (15.7) и (15.8)]:

$$L = \frac{1000 N h}{k_{\text{зан}} k g [(q + 2q_l + q_{\text{в}} + q_n) w \cos b + q \sin b]} \quad (15.15)$$

Подставляя значения в формулу (15.15), можно построить график зависимости длины конвейера L от производительности (или линейной массы груза q) и угла наклона установки β (см. рис. 15.9).

Максимальная длина (м) в одном ставе ленточного конвейера, исходя из прочности ленты,

$$L = \frac{S_{\text{раз}} (e^{ma} - 1)}{m k_{\text{в}} k e^{ma} g [(q + 2q_l + q_{\text{в}} + q_n) w \cos b + q \sin b]} \quad (15.16)$$

При более детальном расчете ленточного конвейера кроме распределенных сопротивлений движению ленты на линейных участках определяют: сосредоточенные сопротивления в местах загрузки конвейера и установки очистительного устройства; ход натяжного устройства; пусковой момент привода: усилие тормозного устройства.

При сложной трассе ленточного конвейера или для конвейерной линии, на которую поступает горная масса с нескольких конвейеров, с целью сокращения времени следует производить автоматизированный выбор оборудования и расчет ленточных конвейеров с использованием метода имитационного моделирования на ЭВМ по программе «Конвейерный транспорт». Алгоритм упрощенного эксплуатационного расчета ленточного конвейера, который можно использовать при расчете конвейера на ЭВМ, приведен на рис. 15.14.

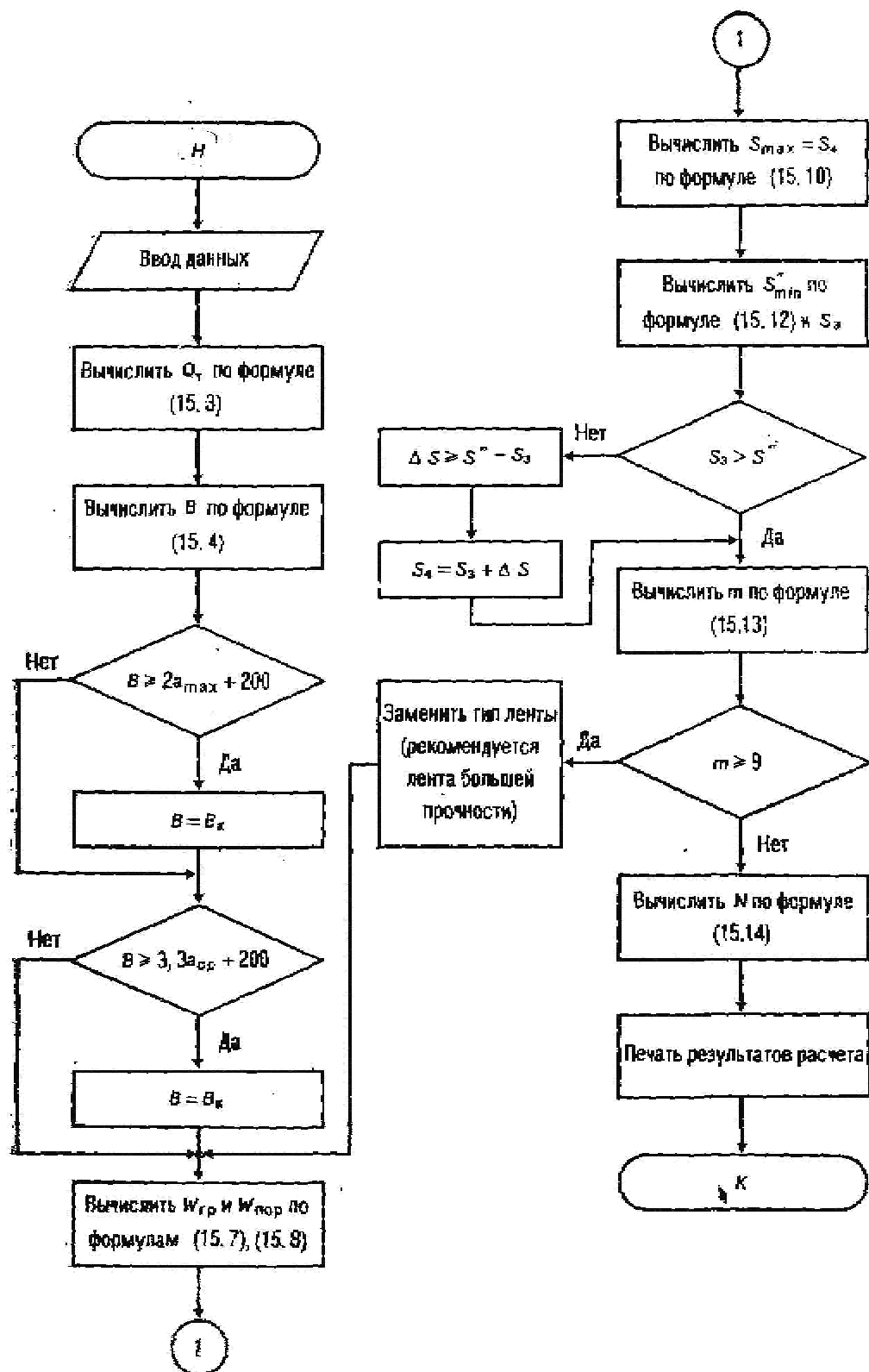


Рис. 15.14. Алгоритм расчета ленточного конвейера

Пример расчета. Проверить ширину ленты, запас ее прочности и мощность привода ленточного конвейера типа 2Л120А, предназначенного для выдачи руды от дробильного комплекса околоствольного двора по наклонному стволу на поверхность шахты.

Исходные данные: сменная производительность дробильного комплекса $Q_{см} = 6000$ т; длительность смены $t_{см} = 6$ ч; длина установки $L = 520$ м; угол наклона $\beta = 16^\circ$; плотность руды в насыпке $\gamma = 2$ т/м³ средняя крупность транспортируемой дробленой руды 150—250 мм, отдельных кусков в форме плит — $a_{max} = 400$ мм. Остальные данные по технической характеристике конвейера 2Л120А (см. табл. 15.3).

Принимаем для двухбарабанного привода тяговый фактор $e^{a\mu} = 6,6$. Расчетная схема конвейера — см. рис. 15.8, а.

Часовая производительность конвейера

$$Q_u = \frac{Q_{cm}}{t_{cm} k_u} = \frac{6000}{6 \cdot 0,9} = 1111 \text{ м/ч}$$

где $k_u = 0,9$ — коэффициент использования конвейера во времени.

Необходимую ширину ленты конвейера определяем по формуле (15.4). Принимаем: $k_n = 550$ при $\delta = 30^\circ$, $\psi_\delta = 15^\circ$ (см. табл. 15.4); $k_l = 1$ — для стационарного конвейера; $k_\beta = 0,95$; скорость ленты $v = 3,15$ м/с.

Тогда ширина ленты

$$B = 1,1 \left(\sqrt{\frac{Q_u}{k_n k_l k_\beta v}} + 0,05 \right) = 1,1 \left(\sqrt{\frac{1111}{550 \cdot 1 \cdot 0,95 \cdot 3,15 \cdot 2}} + 0,05 \right) = 0,7 \text{ м}$$

Проверяем ширину ленты по кусковатости руды:

$$B \geq 2\alpha_{max} + 200 = 2 \cdot 400 + 200 = 1000 \text{ м.}$$

Принимаем ленту шириной $B = 1200$ мм, которая удовлетворяет требованиям по кусковатости транспортируемой руды.

Выполним ориентировочный тяговый расчет конвейера применительно к схеме на рис. 15.8, а.

Соппротивление перемещению ленты W_{cp} и W_{nop} и определим по формулам (15.7) и (15.8).

Масса груза на 1 м конвейера

$$q = \frac{Q_u}{3,6v} = \frac{1111}{3,6 \cdot 3,15} = 98 \text{ кг/м}$$

На конвейере 2Л120А на верхней и нижней ветвях установлены одинаковые трехроликовые опоры, следовательно, при $l_g = 1$ м $q_g = 57$ кг/м, при $l_n = 2$ м $q_n = 28,5$ кг/м.

Линейная масса резиновых ленты шириной 1200 мм и прочностью 2500 Н/м (см. табл. 15.2)

$$q_l = 1,2 \cdot 37 = 44,4 \text{ кг/м.}$$

Принимаем коэффициент сопротивления перемещению ленты $\omega = 0,035$.

Соппротивление перемещению грузовой ленты на верхней ветви

$$\begin{aligned} W_{cp} &= Lg \{ [(q + q_l) \cos b + q_g] \omega + (q + q_l) \sin b \} = \\ &= 520 \cdot 9,81 \{ [(98 + 44,4) \cos 16^\circ + 57] 0,035 + (98 + 44,4) \sin 16^\circ \} = 236640 \text{ Н} \end{aligned}$$

на нижней порожней ветви —

$$\begin{aligned} W_{nop} &= Lg [(q_l \cos b + q_n) \omega - q_l \sin b] = \\ &= 520 \cdot 9,81 \cdot [(44,4 \cos 16^\circ + 28,5) 0,035 - 44,4 \sin 16^\circ] = -44370 \text{ Н} \end{aligned}$$

Натяжение ленты находим методом обхода контура по точкам применительно к данной схеме обводки ленты (см. рис. 15.8, а). Натяжение S_1 в точке 1 неизвестно и равно $S_{сб}$. Натяжения в остальных точках:

$$\begin{aligned} S_2 &= S_1 + W_{nop} = S_1 - 44370; \\ S_3 &= 1,05 S_2 = 1,05 (S_1 - 44370); \\ S_{наб} = S_4 &= 1,1 (S_3 + W_{cp}) = 1,1 [1,05 (S_1 - 44370) + 236640] \end{aligned} \quad (15.17)$$

Обычно для горизонтальных и наклонного подъемного конвейеров минимальное натяжение у привода $S'_{min} = S_1 = S_{сб}$, а $S_4 = S_{наб} = S_{max}$, поэтому [см. формулу (15.10)]

$$S_1 = \frac{k_m S_4 k_\delta}{e^{ma}} \quad (15.18)$$

Принимая $k_r = 1,4$, $k_d = 1$, $e^{ma} = 6,6$ и решая совместно уравнения (15.17) и (15.18), получим $S_4 = S_{max} = 275075$ Н, $S_1 = 57765$ Н

Проверку натяжения ленты по допустимому провесу производим согласно по формуле (15.12).

Наименьшее натяжение ленты на грузовой ветви при $l_g = 1,2$ м

$$S'_{min} = 7(q + q_l) l_g g = 7(98 + 44,4) 1,2 \cdot 9,81 = 11734 \text{ Н.}$$

Минимальное натяжение на грузовой ветви, согласно данной схеме конвейера (см. рис. 15.8, а) и предыдущим расчетам,

$$S_3 = 1,05 (S_1 - 44370) = 1,05 (57765 - 44370) = 13014 \text{ Н.}$$

Следовательно, $S_3 > S''_{min}$, что удовлетворяет условиям минимального натяжения по провесу ленты.

Определим запас прочности ленты

$$m = \frac{S_{раз}}{S_{max}} = \frac{1200 \cdot 2500}{275075} = 11,1 > [7]$$

Мощность привода конвейера [см. формулу (15.14)]

$$N = \frac{k_{зап}(S_{наб} - S_{сб})h}{1000h} = \frac{1,2(275075 - 57765)3,15}{1000 \cdot 0,85} = 966 \text{ кВт} < [1000]$$

По технической характеристике установленная мощность привода конвейера 2Л120А N = 500×2 = 1000 кВт.

15.6. 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 отдельными конвейерами или конвейерными линиями 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 механической части конвейера и др.; отключение провода 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, затаившемся 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 комплекс АУК.1М, обеспечивающий выполнение основных технических требований к автоматизации конвейерных установок и предназначенный для автоматизированного управления конвейерами и 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 конечных 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.

15.7. Монтаж, эксплуатация и техническое обслуживание ленточных конвейеров

Перед монтажом ленточных 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 на участке, равном длине става одного конвейера. Камеры, в которых размещают приводы стационарных конвейеров, оборудуют грузоподъемными устройствами. Для доставки отдельных узлов и различных грузов рядом с устанавливаемым конвейером вдоль него укладывают рельсовые пути.

Перед спуском конвейера в шахту проверяют исправность его узлов и очищают их от консервационной смазки.

Монтаж ленточного конвейера рекомендуется производить в следующей последовательности: монтаж механической части, электрооборудования и пускорегулирующей аппаратуры, навеска и стыковка ленты и монтаж аппаратуры автоматизации и сигнализации.

Для установки става конвейера строго по прямой линии 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 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 стан 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. 15.15). Возможны два варианта: навеска ленты на вновь 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.

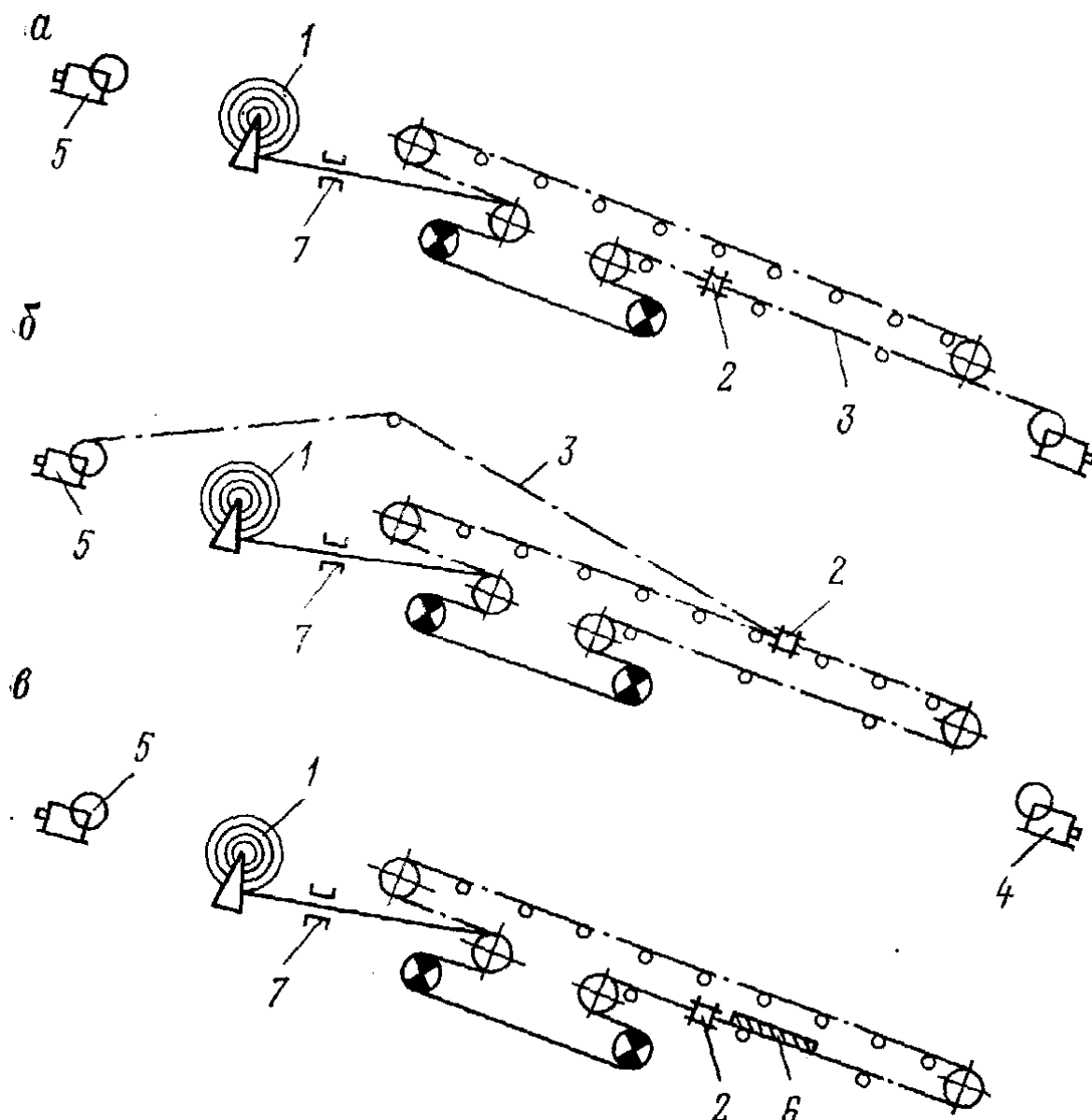


Рис. 15.15. Схемы навески новой ленты при поступлении рулонов к верхней (приводной) части наклонного конвейера: а – растягивание ленты по нижней ветви приводом конвейера и монтажной лебедкой; б – растягивание ленты приводом и монтажной лебедкой по верхней ветви; в – растягивание ленты по нижней ветви приводом конвейера и заправочными салазками; 1 – рулон ленты; 2 – монтажная плита; 3 – монтажный канат; 4, 5 – монтажные лебедки; 6 – заправочные салазки; 7 – зажим ленты

Отдельные отрезки ленты соединяют в замкнутый контур путем стыковки концов ленты. Перед выполнением замыкающего става 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 резиновых ленты — только горячей вулканизацией.

Перед стыковкой резиновой ленты вулканизацией концы ее разделяют определенным образом (рис. 15.16, а): снимают прокладки ступеньками длиной $l = 150 \div 350$ мм; разделанные концы ленты накладывают друг на друга и зажимают между плитами переносного вулканизационного пресса; стык вулканизируют при температуре $140\text{—}150^\circ\text{C}$ и давлении не менее 1 МПа в течение 40—60 мин (в зависимости от толщины ленты).

При выполнении стыка холодной вулканизацией концы ленты разделяют аналогичным образом, стыкуемые поверхности дважды смазывают специальным самовулканизирующим 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 тросиков на длину 1200—1400 мм; тросы укладывают определенным образом (рис. 15.16, б), обкладывают их с двух сторон заготовками сырой резины и зажимают между нагревательными плитами вулканизационного пресса.

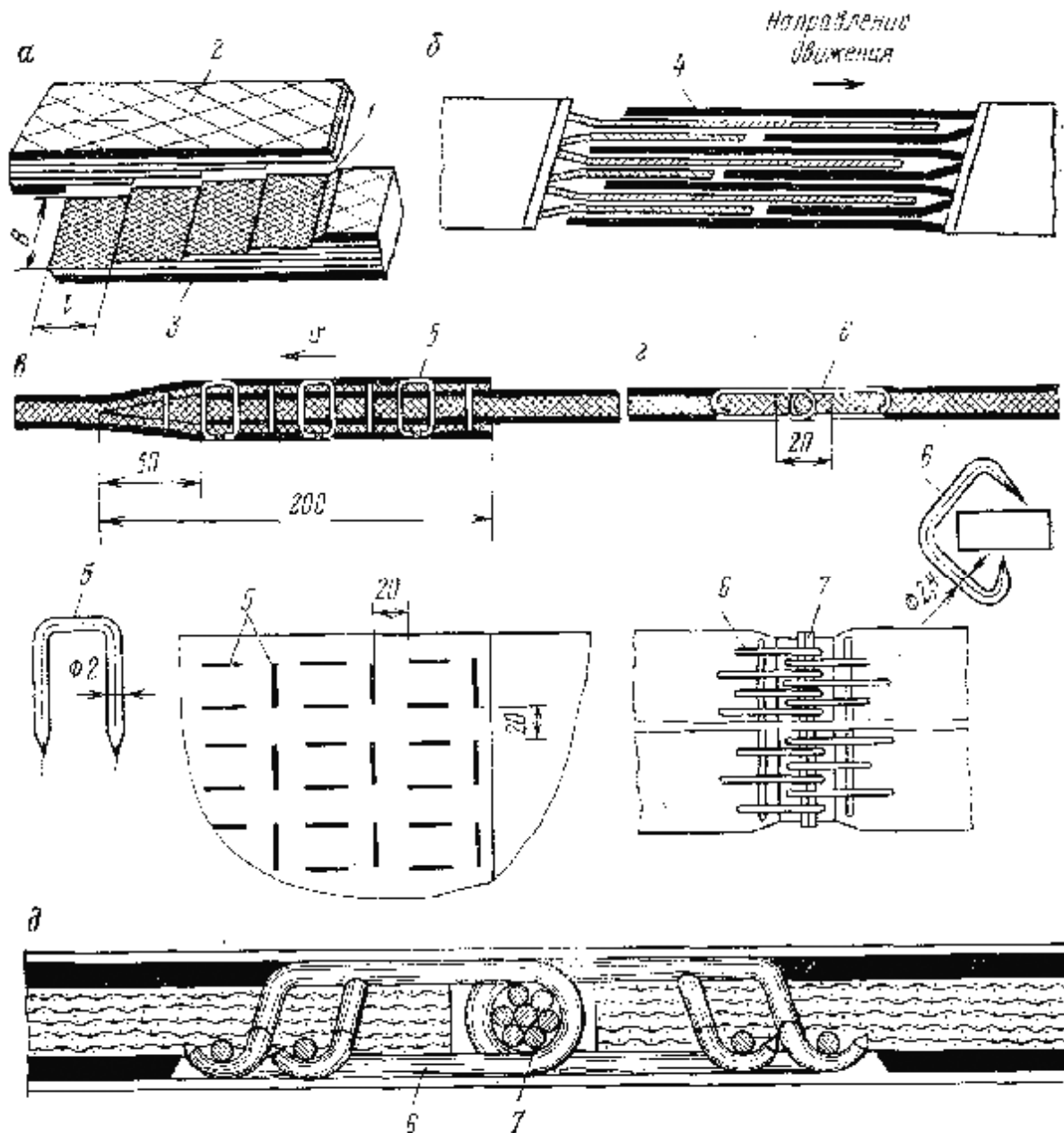


Рис. 15.16. Схемы разделки и соединения конвейерных лент: а — разделка тканевой ленты перед вулканизацией; б — то же резинокросовой ленты; в — соединение тканевых лент П-образными скобами; г — то же, крючкообразными проволочными скобами; д — соединение тканевых лент проволочными скобами «Тип-Топ» (Германия); 1 — прокладки; 2, 3 — соответственно верхняя и нижняя обкладки; 4 — стальные тросы; 5 — П-образные скобы; 6 — крючкообразные скобы; 7 — тросик

Тканевые ленты передвижных и полустационарных конвейеров соединяют проволочными П-образными скобами (рис. 15.16, в) или крючкообразными проволочными скобами (рис. 15.16, г и д) данные способы механического соединения лент являются быстроразъемными, однако прочность стыка составляет лишь 50—60% от прочности ленты. Запрещено соединение конвейерных лент внахлестку с помощью заклепок и шарниров.

После монтажа аппаратуры автоматизации производят пробный пуск и обкатку конвейера вначале на холостом ходу, а затем под нагрузкой в течение 5—10 рабочих смен. После этого оформляют акт приемки и сдают конвейер в эксплуатацию.

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 самой ленты и стыковых соединений и т. д. Осмотр конвейерных установок 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, закрытые кожухами. Конвейерные выработки должны быть оборудованы средствами пожаротушения. Во время работы конвейера запрещается: смазывать и ремонтировать его отдельные узлы, а также ремонтировать электрооборудование, находящееся под напряжением; перевозить лес и длинномерные грузы, а также транспортировать людей по ленте конвейера, если конвейер не приспособлен для этих целей; подсыпать песок между лентой в приводном барабане 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.

Вопросы для самопроверки

1. Назовите основные сборочные единицы ленточного конвейера.
2. Опишите конструкции резинотканевых и резинотросовых конвейерных лент.
3. Каковы назначение и конструктивное исполнение приводной и натяжной станций, роlikового става конвейера?
4. Перечислите основные требования, предъявляемые к загрузочным устройствам ленточных конвейеров.
5. Перечислите основные типы ленточных конвейеров, приведите их условные обозначения и укажите области применения.
6. Перечислите конструкции специальных ленточных конвейеров, укажите их преимущества, недостатки и области применения.
7. Перечислите основные требования, предъявляемые к аппаратуре автоматизированного или дистанционного управления отдельными конвейерами и конвейерными линиями.
8. Дайте краткое описание основной аппаратуры, применяемой для автоматизации ленточных конвейеров.
9. Изложите порядок монтажа ленточного конвейера.
10. Опишите основные способы стыковки конвейерных лент.

Задачи и упражнения

1. Начертите основные схемы ленточных конвейеров и укажите их главные сборочные единицы.
2. Напишите формулу Эйлера и объясните, каким образом можно увеличить тяговую способность привода ленточного конвейера.
3. Напишите формулы для определения разрывной прочности резинотканевых и резинотросовых лент.
4. Определите техническую производительность ленточного конвейера при следующих исходных данных: $B = 1000$ мм; $v = 2,5$ м/с; $\gamma = 2$ т/м³; стационарный конвейер установлен под углом $\beta = 12^\circ$; угол наклона бокового ролика трехроlikовой опоры 30° .

5. Начертите принципиальную схему ленточного конвейера и изложите порядок тягового расчета конвейера методом обхода контура по точкам.

6. Напишите формулу для определения мощности привода конвейера применительно к примеру тягового расчета (см. 15.5).

16. СКРЕБКОВЫЕ И ПЛАСТИНЧАТЫЕ КОНВЕЙЕРЫ

16.1. Тяговые цепи и передача тягового усилия зацеплением

В скребковых и пластинчатых конвейерах функции тягового органа выполняют одна или несколько бесконечно замкнутых цепей, на которых закреплены скребки, или грузонесущее пластинчатое полотно.

В качестве тяговых цепей применяют цепи круглозвенные сварные калиброванные, разборные штампованные и пластинчатые втулочные. Почти на всех скребковых забойных и пластинчатых конвейерах используют круглозвенные цепи размером 18×64 , 20×80 и 24×86 (первая цифра указывает диаметр прутка, вторая — шаг звена в миллиметрах). Кольцевые цепи имеют высокую прочность при относительно небольшой массе и пространственную гибкость (могут изгибаться в любой плоскости). В скребковых конвейерах небольшой длины, применяемых в кузовах самоходных и проходческих вагонов, в качестве тягового органа используют пластинчатые втулочные цепи.

Цепь приводится в движение приводной звездочкой (рис. 16.1, а), вращающейся от привода с постоянной угловой скоростью ω . Однако цепь движется неравномерно, так как ее звенья ложатся не на окружность постоянного радиуса, а на стороны многогранника (рис. 16.1, б), в результате чего периодически изменяется мгновенный радиус наводки цепи на приводную звездочку. Периодом колебания скорости цепи является время поворота звездочки на центральный угол 2α , соответствующий одной грани звездочки.

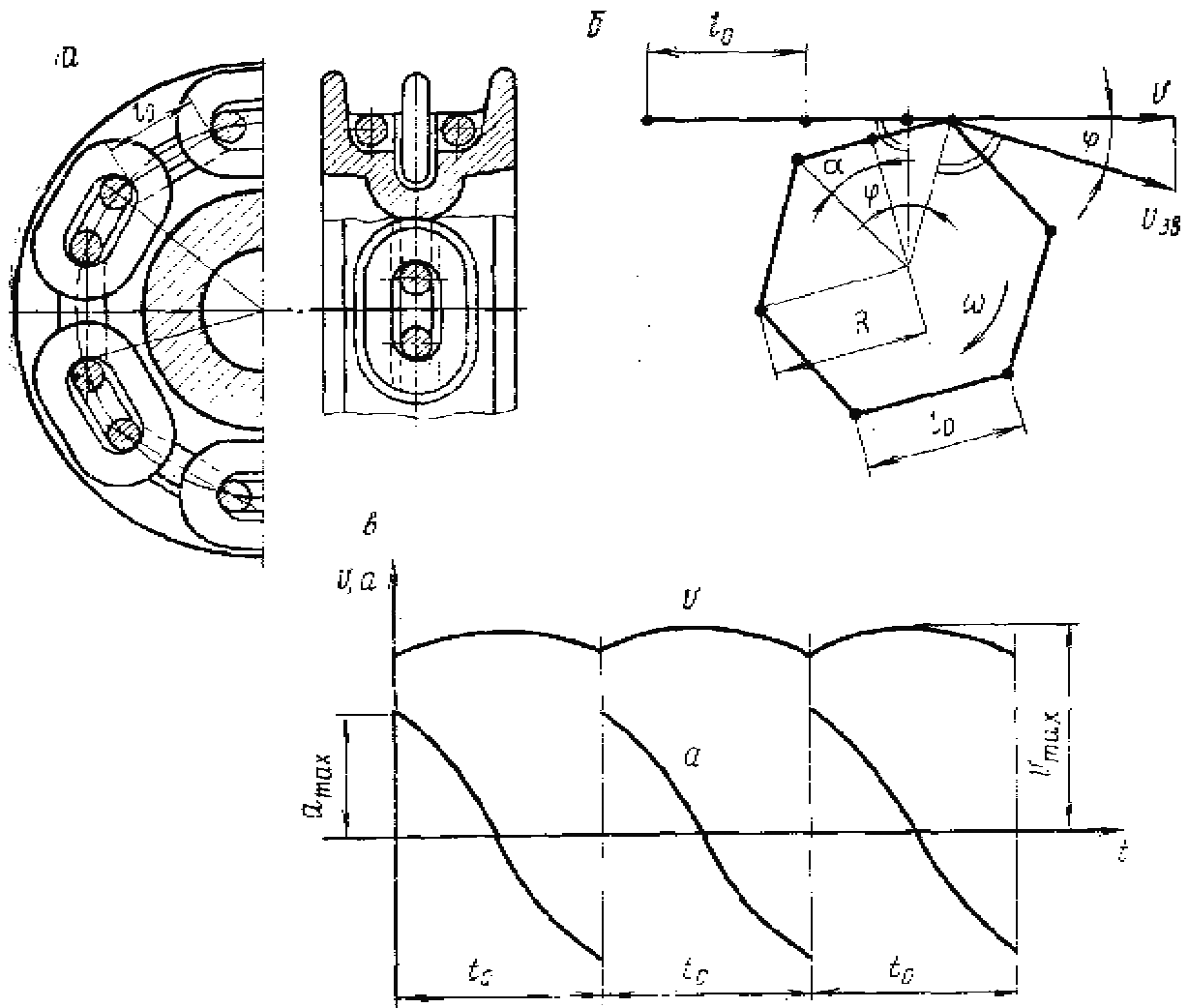


Рис. 16.1. Общий вид (а), схема расположения (б) тяговой цепи на приводной звездочке и диаграмма изменения скорости и ускорения тяговой цепи во времени (в)

Линейная скорость вращения звездочки (м/с)

$$v_{зв} = \omega R$$

где R — радиус начальной окружности, звездочки, м. При повороте звездочки на угол ψ , который изменяется от $-\alpha$ в начале зацепления цепи с зубом звездочки до $+\alpha$ в конце зацепления, скорость движения цепи $v = v_{зв} \cos \psi = \omega R \cos \psi$; т. е. скорость цепи в пределах одного периода

зацепления изменяется по синусоиде, а ускорение $a = dv/dt$ изменяется по косинусоиде (рис. 16.1, в). Максимальное ускорение цепи

$$a_{\max} = w^2 R \sin \alpha$$

Ввиду неравномерности движения в цепях возникают динамические нагрузки, которые приводят к их усталостному разрушению. Во избежание возникновения больших динамических нагрузок скорость цепи в конвейерных установках принимают в пределах 0,3—1,6 м/с.

16.2. Скребковые конвейеры

Принцип работы скребкового конвейера — перемещение (волочение) горной массы по неподвижному металлическому желобу-рештаку с помощью скребков, закрепленных на тяговом цепном органе. Рабочей может быть верхняя ветвь конвейера (рис. 16.2, а) или, реже, нижняя ветвь (рис. 16.2, б). Загрузка горной массы осуществляется в любой точке по длине конвейера. Разгрузка в конвейерах с верхней рабочей ветвью происходит при сходе груза с головного рештака, а с нижней рабочей ветвью — перед головной звездочкой в рудоспуск.

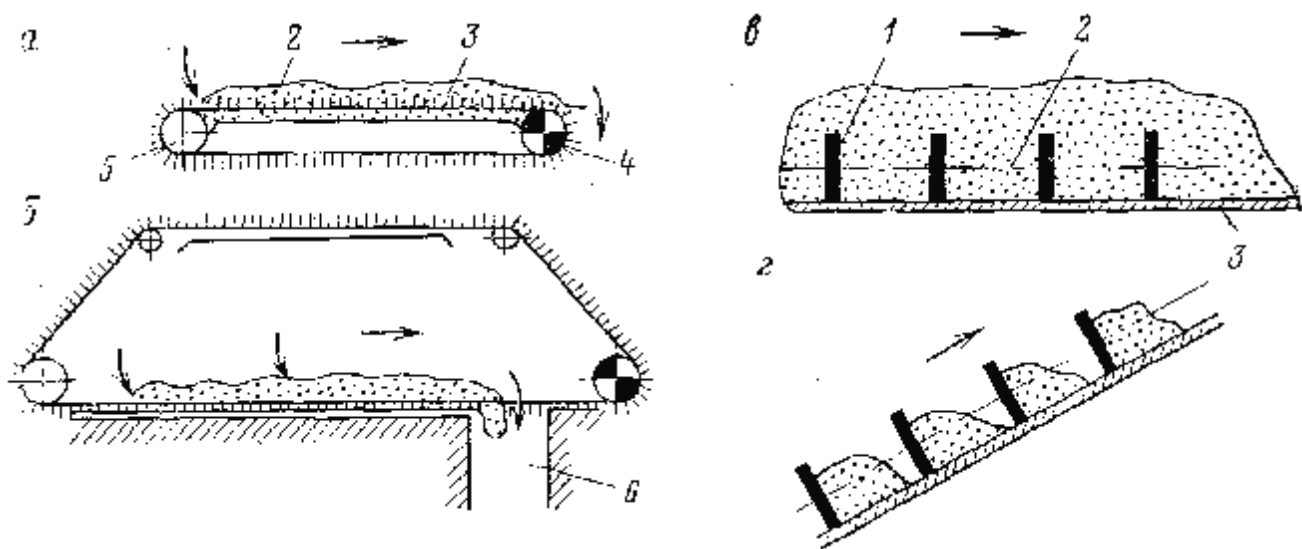


Рис. 16.2. Схемы скребковых конвейеров и перемещения горной массы скребками конвейера: а, б — конвейер соответственно с верхней и нижней рабочей ветвью; в — перемещение горной массы сплошным волочением; г — то же прерывным (порционным) волочением; 1 — скребок; 2 — тяговая цепь; 3 — рештак; 4 — приводная станция; 5 — натяжная станция; 6 — рудоспуск

Характер транспортирования горной массы скребковым конвейером зависит от способа загрузки, угла установки конвейера и расстояния между скребками. Если высота слоя загружаемой на конвейер горной массы больше высоты скребков, то в процессе транспортирования (при соответствующем расстоянии между скребками) горная масса движется сплошным непрерывным потоком (рис. 16.2, в), что является нормальным режимом работы скребкового конвейера.

При неполном (частичном) заполнении желоба или при наклонном расположении конвейера и транспортировании вверх по восстанью горная масса скапливается перед скребками порциями и перемещается прерывным (порционным) волочением (рис. 16.2, г), что приводит к снижению производительности конвейера.

Преимущества скребковых конвейеров: относительно высокая производительность; способность выдерживать ударные нагрузки, возникающие при падении на тяговый орган больших кусков транспортируемой горной массы; возможность доставки горной массы по трассе с небольшими искривлениями в горизонтальной и вертикальной плоскостях, под уклон и на подъем до 300; простота удлинения и укорачивания рештачного става; возможность движения очистного комбайна по раме конвейера и небольшая высота рамы конвейера, что облегчает его загрузку в любой точке по длине става. К недостаткам скребковых конвейеров относятся несовершенство принципа транспортирования горной массы волочением, что вызывает высокий расход энергии и значительный износ цепей и рештаков, особенно при транспортировании крепких абразивных грузов, большая металлоемкость.

Устройство и основные сборочные единицы. Скребковый конвейер с верхней рабочей ветвью (рис. 16.3, а) состоит из тягового органа 1, на котором закреплены скребки 2, рештачного става 3, приводной станции 4 и концевой головки 5.

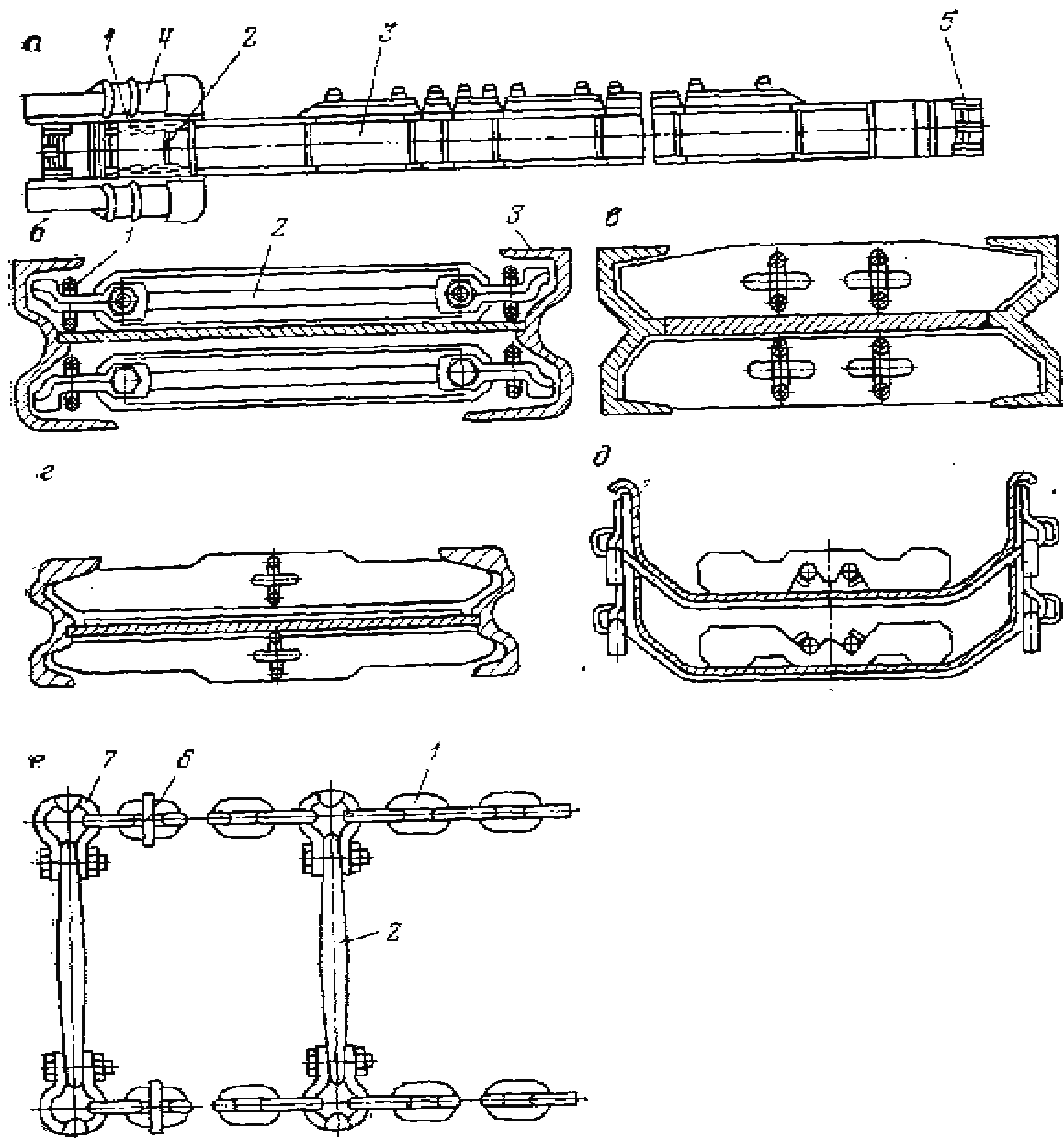


Рис. 16.3. Скребокковый конвейер (а), конструкции решетчатого става (б-д) и тяговые цепи со скребками (е)

В качестве тягового органа скребоккового конвейера применяют одну или две тяговые кольцевые цепи. Скребки к цепям крепятся с помощью специальных соединительных звеньев С-образной формы 7, а для расштыбовки направляющих решетки на цепях через каждые 30 м закрепляют чистильщики 6 (рис. 16.3, е). В конвейерах с двумя тяговыми цепями возможны два варианта их размещения по ширине решетки: концы скребков закреплены на цепях, которые перемещаются в направляющих пазах решетки (см. рис. 16.3, б); скребки закреплены на сдвоенных, вынесенных из направляющих пазов, цепях (см. рис. 16.3, в). Вынесение тяговых цепей из направляющих решетки позволяет несколько снизить сопротивление перемещению тягового органа конвейера. Находят применение одноцепные скребокковые конвейеры (рис. 16.3, г и д).

Став скребоккового конвейера состоит из отдельных решеток длиной 1—2,5 м, представляющих собой штампованные или сварные желоба, состоящие из двух профильных боковин и днища, разделяющего верхнюю (грузовую) и нижнюю (порожнюю) ветви цепного органа (см. рис. 16.3, б). Боковины решетки по концам имеют износостойкие литые приставки, конструкция которых представляет собой замок для соединения отдельных решеток с помощью специального стержня. В переносных разборных скребокковых конвейерах отдельные решетки собирают в став с помощью проушин и крючьев (см. рис. 16.3, д), приваренных по краям боковин решеток. В некоторых скребокковых конвейерах штампованные решетки укладывают друг на друга, образуя открытый желоб для верхней ветви и закрытый — для нижней ветви (см. рис. 16.3, д).

Приводная станция скребкового конвейера состоит из приводного вала со звездочками, редуктора, предохранительной муфты и асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором. Возможно применение пневмо- и гидродвигателей. Гидравлический привод имеет меньшие габариты и позволяет регулировать скорость цепи, что обеспечивает плавный запуск конвейера из-под навала горной массы. Редукторы привода выполняют цилиндрическими или цилиндроконическими. Конструкция последних позволяет располагать привод параллельно оси става конвейера. В качестве предохранительной муфты на подземных скребковых конвейерах обычно применяют турбомуфту, которая предохраняет элементы конвейера от перегрузок, обеспечивает более плавный запуск и снижение динамических нагрузок. При заклинивании цепи конвейера или при чрезмерных перегрузках турбомуфта автоматически выключается, в результате чего прекращается передача вращающего момента от электродвигателя к редуктору происходит остановка конвейера.

Электродвигатель, турбомуфта и редуктор объединены в приводной блок. На скребковом конвейере возможна установка от 1 до 4 приводных блоков (2 — в головной части и 2 — в хвостовой).

Концевую головку скребкового конвейера выполняют с жесткой или подвижной концевой секцией, снабженной винтовым или гидравлическим натяжным устройством. В забойных скребковых конвейерах на концевой головке отсутствует натяжное устройство, а натяжение цепи производят приводом. При выполнении этой операции один конец цепи жестко крепят на решетчатом стае и кратковременными включениями реверсируют приводной двигатель натягивая при этом второй конец цепи. От обратного вращения привод удерживается храповым механизмом, установленным на выходном валу редуктора.

Типы скребковых конвейеров. Для доставки неабразивной горной массы плотностью до 2 т/м³ и калийных руд в горнорудной промышленности применяют некоторые типы скребковых конвейеров, используемых в угольной промышленности: типа С — с одной тяговой цепью, замкнутой в вертикальной плоскости (см. рис. 16.3, з); типа СК — с одной тяговой цепью с консольными скребками, замкнутой в горизонтальной плоскости; типа СР — переносные разборные с двумя тяговыми цепями; типа СП — передвижные без разборки с двумя или тремя тяговыми цепями (см. рис. 16.3, а). Цифра, следующая за буквенным обозначением конвейера унифицированного ряда, соответствует ширине рабочего рештака в сантиметрах (например, С-50, СК-38, СР-70М, СП-63М).

В зависимости от назначения конвейера (доставочный, выполняющий только транспортные функции, или агрегатный! предназначенный для работы в очистном забое с комбайном)! скребковые конвейеры поставляются либо без навесного оборудования, либо с навесным оборудованием для комбайна и гидропередвижника (съемные борты, желоб для кабеля, погрузочный лемех).

Наиболее современной конструкцией скребковых конвейеров, применяемых при разработке калийных руд, является забойный скребковый конвейер СПК301, работающий с очистными комбайнами. Транспортирование калийной руды от забойного конвейера по штрекам и просекам осуществляется скребковыми конвейерами СПК301, СП63М, СП80К.

Технические характеристики скребковых конвейеров типа СП

Типоразмер	СП63М	СП80К	СПК301
Производительность, т/ч	400	600	600 (800)
Длина в поставке, м	150	160	210
Скорость движения цепи, м/с	1,12	1	1,06 (1,38)
Ширина решетчатого става, мм	630	774	754
Мощность электродвигателя, кВт	45	55	110
Масса, т	59	61,4	199

Скребковый конвейер СПК301 (рис. 16.4) состоит из головного и концевого приводов 1, переходных секций 6, решетчатых линейных 8, переходного 7 и штрековых 3, скребковой цепи 2, и навесного оборудования, состоящего из линейных бортов 5 и рам штрековых 4.

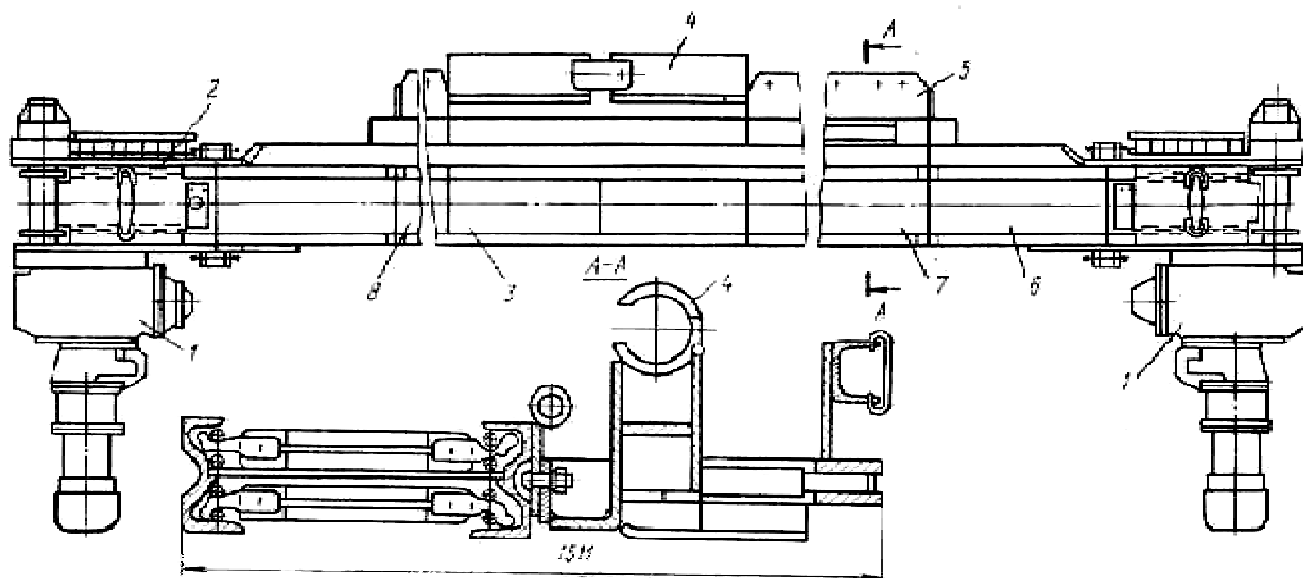


Рис. 16.4. Скребок-конвейер СПК301

Рештак линейный состоит из боковин, днища и замков. Боковины рештака по концам снабжены износостойкими литыми приставками. Соединение рештаков — безболтовое, обеспечивающее изгиб конвейера в процессе передвижки его гидродомкратами по лаве.

Аналогичную конструкцию имеют штрековые рештаки, устанавливаемые в среднем штреке, делящем лаву как бы на две части длиной по 100 м (см. рис. 13.2). При такой схеме отработки калийных руд возможна одновременная работа двух комбайнов, что позволяет увеличить нагрузку на забой. Средний штрек является вентиляционным, благодаря чему значительно улучшаются санитарно-гигиенические условия труда в лаве. Для обеспечения перемещения по среднему штреку к нижним полкам штрековых рештаков приварены две специальные лыжи.

На линейной части рештачного става конвейера расположено навесное оборудование: направляющая (круглой формы) для захвата комбайна, желоб кабелеукладчика, направляющие для цепи вынесенной системы подачи и кронштейны для прокладки кабеля.

Скребок-конвейеры с верхней рабочей ветвью, а также с нижней рабочей ветвью прошли испытания на доставке из-под навала крепких абразивных руд, однако вследствие быстрого износа цепей, всплывания тягового органа на поверхность транспортируемой руды и заклинивания кусков руды между цепью I и зубьями приводной звездочки они не рекомендованы к применению в таких тяжелых условиях эксплуатации.

Скребок-конвейеры используют также в некоторых транспортных установках специального назначения, например, в погрузочных машинах, самоходных вагонах и механизированных бункерах. При камерно-столбовой системе разработки калийных руд (см. рис. 5.9, а) вместе с проходческо-добычным комбайном применяют бункер-перегрузчик, в днище которого встроен двухцепной скребок-конвейер. Бункер-перегрузчик представляет собой передвижную аккумулирующую емкость на колесах, предназначенную для сглаживания неравномерности грузопотока и увеличения коэффициента использования комбайна во времени. При движении самоходного вагона комбайн работает непрерывно, заполняя рудой бункер-перегрузчик. Перегрузка руды из бункера в вагон производится донным скребок-конвейером.

За рубежом используют короткие мощные скребок-питатели, рабочий орган которых состоит из 5 или 7 тяговых цепей, на которых скребки закреплены в шахматном порядке по ширине желоба питателя. Такой тип питателя предназначен для разгрузки абразивных крепких руд из бункеров.

Расчет скребок-конвейеров. Для доставочного скребок-конвейера, работающего в добычном блоке с погрузкой на него горной массы, производят проверочный расчет производительности, прочности тяговых цепей, мощности привода, а также возможной максимальной длины конвейера в одном стае для конкретных условий эксплуатации.

Исходными данными для проверочного расчета являются: расчетный грузопоток от очистного комбайна или транспортной установки, с которой горная масса поступает на

скребковый конвейер; длина конвейера и угол наклона; плотность доставляемой горной массы; данные технической характеристики конвейера.

Техническая производительность скребкового конвейера, т/ч

$$Q_m = 3600 \Omega_0 k_3 \gamma k_\beta v$$

где Ω_0 — номинальная площадь поперечного сечения желоба, м²; k_3 — коэффициент заполнения желоба, принимаемый равным 0,6÷0,8 — для горизонтальных конвейеров, 0,4÷0,5 — для наклонных конвейеров, транспортирующих вверх, 1 — то же для транспортирующих вниз; k_β — коэффициент, учитывающий изменение производительности конвейера в зависимости от угла наклона установки конвейера:

β , градус	От -16 до -10	-5	0	+10	+20
k_β	1,5	1,3	1	0,7	0,3

Скорость (м/с) цепи v принимают по характеристике конвейера.

Производительность конвейера Q_m должна быть больше расчетного грузопотока Q_p , поступающего на конвейер, т. е. $Q_m > Q_p$.

Прочность тяговых цепей определяют по их максимальному натяжению, которое вычисляют методом обхода контура по точкам (см. 2.2). Для конвейера с цепным тяговым органом задаются натяжением $S_1 = 2500 \div 3000$ Н. Натяжение в следующей точке $S_2 = S_1 + W_{nop}$, где

$$W_{nop} = L g q_m (f_1 \cos b \pm \sin b) \quad (16.1)$$

Натяжение $S_3 = (1,05 \div 1,07) S_2$, $S_4 = S_{max} = S_3 + W_{zp}$, где

$$W_{zp} = L g [q_m (f_1 \cos b \pm \sin b) + q (f_2 \cos b \pm \sin b)] \quad (16.2)$$

где q_m и q — масса, приходящаяся на 1 м длины конвейера соответственно цепи со скребками и перемещаемого груза, кг/м; $f_1 = 0,35 \div 0,4$ — коэффициент трения цепи со скребками по желобу; $f_2 = 0,6 \div 0,8$ — то же горной массы по желобу; L — длина конвейера, м.

Запас прочности цепей

$$m = S_{paz} \lambda / S_{max}$$

где S_{paz} — разрывное усилие одной цепи, Н; λ — коэффициент, учитывающий неравномерность распределения тягового усилия между цепями, принимаемый равным 1,8 — для двухцепных конвейеров с круглозвенными цепями и 1 — для одноцепных конвейеров.

Допустимый запас прочности цепей $m \geq 4 \div 6$. Суммарное тяговое усилие (Н) на приводном валу конвейера $F = S_4 - S_1$ или

$$F = k (W_{zp} + W_{nop}), \quad (16.3)$$

где $k = 1,1$ — коэффициент, учитывающий сопротивление на концевых звездочках.

Мощность двигателя привода скребкового конвейера (кВт)

$$N = \frac{k_{зан} F n}{1000 h} \quad (16.4)$$

где $\eta = 0,8 \div 0,85$ — КПД передачи привода; $k_{зан} = 1,15 \div 1,2$ — коэффициент запаса мощности.

Если приводы устанавливают в головной и хвостовой частях конвейера, то максимальное натяжение цепи можно определить графическим методом. Сначала необходимо построить диаграмму натяжения тягового органа скребкового конвейера с одним приводом, равным по мощности двум приводам (рис. 16.5, а, штриховая линия). Далее разбивают полное тяговое усилие F между приводами на F_1 и F_2 соответственно их мощностям, строят действительную диаграмму натяжений (см. рис. 16.6, а, сплошная линия) и определяют натяжения в различных точках тягового органа.

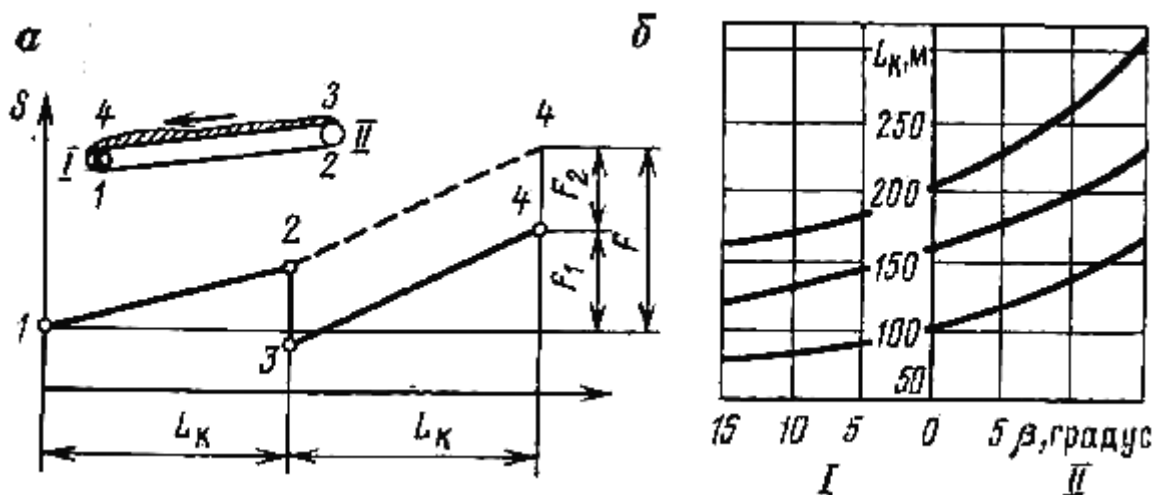


Рис. 16.5. Диаграмма натяжений тягового органа скребкового конвейера при установке головного и хвостового приводов (а) и график зависимости длины скребкового конвейера от угла его установки при различной производительности конвейера (б): I — доставка вверх; II — доставка вниз

При постоянной установленной мощности двигателя привода длина конвейера зависит от угла установки конвейера и его производительности. Подставив значения $W_{ср}$ и $W_{нор}$ из формул (16.1) и (16.2) и значение F из формулы (16.4) в формулу (16.3), можно определить длину конвейера (м) в одном ставе:

$$L_k = \frac{1000Nh}{[2q_m f_1 \cos b + q(f_2 \cos b \pm \sin b)]h k_{зан} kg} \quad (16.5)$$

По графику зависимости длины конвейера L_k от угла его установки β и производительности можно установить возможность применения конвейера в определенных условиях эксплуатации (рис. 16.5, б).

16.3. Эксплуатация и техническое обслуживание скребковых конвейеров

Монтаж скребкового конвейера необходимо выполнять в строгой последовательности. Сначала устанавливают головную приводную станцию, затем раскладывают рештаки, скребковую цепь и необходимое вспомогательное оборудование, далее размещают хвостовую станцию, соединяют между собой рештаки 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.

Для контроля движения, исправности состояния и целостности цепей скребкового конвейера применяют магнитоиндуктивные датчики, устанавливаемые у приводной станции под холостой ветвью тягового органа. При обрыве 1 или 2 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 ежедневное, 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.

16.4. Пластинчатые конвейеры

В пластинчатых конвейерах функции тягового органа выполняют 1 или 2 цепи, а функции несущего органа — образованное из стальных пластин грузонесущее полотно, закрепленное на тяговом органе. На пластинах закреплены ходовые ролики, которые в процессе работы конвейера перекатываются по направляющим.

Преимущества пластинчатых конвейеров: возможность транспортирования крупнокусковой абразивной горной массы; возможность установки конвейера по криволинейной трассе с малыми радиусами закругления и в выработках с большими углами наклона; меньшие, чем в скребковых конвейерах, сопротивления передвижению и расход энергии; возможность установки промежуточных приводов, что позволяет увеличить длину конвейера в одном стае. Недостатки пластинчатых конвейеров: высокая металлоемкость и большая масса подвижных частей; сложная конструкция пластинчатого полотна и трудность его очистки от остатков влажной и липкой горной массы; невысокая надежность.

Устройство и основные сборочные единицы. Основными элементами пластинчатого конвейера (рис. 16.6, а) являются пластинчатое полотно 1, тяговая кольцевая цепь 2, ходовые ролики 3, передвигающиеся по верхним 4 и нижним направляющим 5, приводная станция, расположенная в головной части конвейера, и концевая натяжная станция.

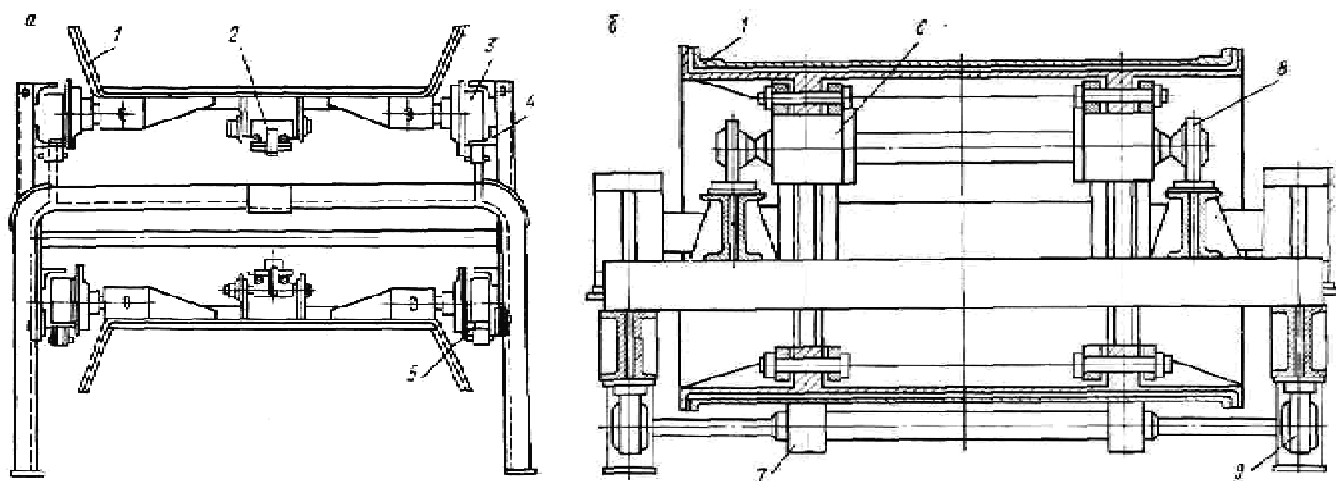


Рис. 16.6. Поперечные сечения става рудного пластинчатого конвейера (а) и тяжелого пластинчатого питателя (б)

Форма поперечного сечения пластин может быть прямоугольной или трапециевидной. Пластины выполняют штампованными из листовой стали толщиной 6—8 мм. В днище пластин выштамповывают ребра жесткости, которые удерживают груз от сползания на наклонных конвейерах. При сборке полотна отдельные пластины соединяют между собой внахлестку и закрепляют на цепи (обязательно каждую пластину). Длина пластины 200—400 мм.

К пластинам (через несколько штук) крепят с помощью коротких консольных или сквозных осей ходовые ролики, установленные на шарикоподшипниках и снабженные ребордами, обеспечивающими прохождение кривых радиусом 15÷20 м. Шаг установки роликов (в зависимости от назначения конвейера) принимается кратным шагу тяговой цепи и длине несущих пластин и составляет 1000—2000 мм.

Металлоконструкцию става конвейера собирают из отдельных секций, состоящих из верхних и нижних направляющих, закрепленных на опорных стойках.

Концевые приводная и натяжная станции пластинчатого конвейера принципиально аналогичны по конструкции станциям скребкового конвейера. На пластинчатых конвейерах возможна установка промежуточных приводов гусеничного типа, у которых на приводной цепи

закреплены кулаки, взаимодействующие со звеньями тяговой цепи конвейера. При установке промежуточных приводов длина пластинчатого конвейера в одном ставе может достигать 1200—1500 м.

Типы пластинчатых конвейеров. В горно-рудной промышленности при подземной разработке крепких абразивных руд применялись опытные конструкции забойных пластинчатых конвейеров, предназначенных для доставки руды из-под навала, и аккумулирующие или магистральные пластинчатые конвейеры.

В забойных пластинчатых конвейерах грузонесущее полотно должно было обладать высокой прочностью и быть хорошо защищенным от попадания рудной мелочи на направляющие ходовых роликов. В качестве тягового органа использовали две цепи. Скорость движения полотна, находящегося под навалом, не превышала 0,2 м/с. Пластинчатые конвейеры, устанавливаемые в аккумулирующих или магистральных выработках, имели ширину полотна до 800 мм, скорость тягового органа 0,6—0,7 м/с, техническую производительность до 500 т/ч. Для исключения просыпания рудной мелочи между пластинами рабочую поверхность пластинчатого полотна покрывали отрезками конвейерной ленты, которые крепятся к пластинам. Однако ввиду ненадежности работы, сложности монтажа и других недостатков пластинчатые конвейеры не нашли широкого применения при подземной разработке крепких абразивных руд.

Для транспортирования неабразивной мелкокусковой горной массы возможно применение пластинчатых конвейеров параметрического ряда, предназначенных для угольной промышленности: магистральные изгибающиеся конвейеры типа П — для выработок с углами наклона 0—24°; магистральные наклонные типа ПН — для прямолинейных выработок с углами наклона 24—35°. В угольных шахтах эксплуатировались пластинчатые изгибающиеся конвейеры П-65М, имеющие ширину полотна 650 мм и производительность до 300 т/ч.

Для равномерной подачи абразивной руды в дробилки и из-под дробилок применяют пластинчатые питатели (рис. 16.6,б) длиной 5—15 м, с несущим полотном шириной 1200—1800 мм, а иногда и более. Пластины полотна питателя — из износостойкой стали, литые, способные выдерживать большие нагрузки. В отличие от пластинчатых конвейеров в питателях пластинчатое полотно перемещается обычно по стационарно установленным верхним 6 и нижним 7 роликам, смонтированным на раме на подшипниках скольжения 8 и 9, к которым централизованно подается смазка. Скорость движения пластинчатого полотна питателя 0,1—0,35 м/с, производительность 300—500 м³/ч.

Вопросы для самопроверки

1. Опишите основные конструкции тяговых цепей и объясните принцип передачи тягового усилия зацеплением.
2. Начертите основные схемы скребковых конвейеров, укажите основные сборочные единицы и объясните принцип действия скребкового конвейера.
3. Начертите принципиальную схему скребкового конвейера и изложите порядок его расчета.
4. Укажите основные области применения скребковых конвейеров в горно-добывающей промышленности.
5. Объясните принцип действия пластинчатых конвейеров и укажите их области применения.

17. ПНЕВМАТИЧЕСКИЙ И ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ ТРУБОПРОВОДНЫЙ ТРАНСПОРТ

17.1. Схемы трубопроводного транспорта и области его применения

Перемещение различных материалов и смесей по трубам под действием статического напора, создаваемого столбом смеси в вертикальном стале трубопровода, или перемещение рабочей средой (воздухом или водой) называют трубопроводным транспортом.

При подземной добыче руд трубопроводный транспорт используют, в основном, для доставки закладочных материалов и смесей в выработанное пространство. Очень ограниченно применяют гидравлическую доставку руды, в основном, в наклонных залежах, где руду смыывают напорной струей воды, и пульпа (смесь воды и твердых частиц) стекает по наклонной почве выработки. Поэтому далее рассмотрим трубопроводный транспорт только для транспортирования закладочных материалов и смесей.

В настоящее время закладку применяют при разработке ценных руд цветных, редких и радиоактивных металлов, высококачественных железных руд, некоторых видов горно-химического сырья. Использование закладки позволяет сократить потери и разубоживание руды, заменить рудные целики искусственными, сохранить ненарушенной земную поверхность, производить одновременную разработку месторождения открытым и подземным способами, отрабатывать руды, склонные к самовозгоранию путем изолирования выработанного пространства от доступа воздуха, обеспечить в сложных горно-геологических условиях безопасность работ, а также частично разместить отходы производства под землей. Особую актуальность приобретает закладка при разработке месторождений на больших глубинах, где прочные закладочные массивы предупреждают горные удары при большом горном давлении.

Недостаток закладки — удорожание добычных работ, однако в некоторых случаях ценность дополнительно получаемой руды может перекрыть затраты на закладочные работы.

В зависимости от способа закладки и вида транспорта применяют сухую, гидравлическую и твердеющую закладки. В качестве материалов для появившейся первоначально сухой закладки применяли попутно добываемые или поступающие в шахту пустые породы, песок, гравий. При сухой закладке закладочный материал в выработанное пространство доставляли самотеком под действием силы тяжести, скреперными установками, погрузочно-транспортными машинами, конвейерами, пневматическим трубопроводным транспортом. Позднее сухую закладку стала вытеснять гидравлическая закладка, а в настоящее время широкое распространение получила твердеющая закладка, обеспечивающая высокую прочность и плотность закладочного массива. С использованием твердеющей закладки появилась возможность создания высокопроизводительных систем разработки при выемке ценных, малоустойчивых или самовозгорающихся руд, а также ведения работ на глубинах с большим горным давлением. Например, на горных предприятиях цветной металлургии из всего объема закладочных работ около 85% составляет твердеющая закладка.

В состав твердеющей закладочной смеси входят вяжущие вещества (цемент, молотые шлаки черной и цветной металлургии), инертные заполнители (песок, хвосты обогатительных фабрик, порода из отвалов, гравий, щебень) и вода. Для повышения пластичности и транспортабельности твердеющих закладочных смесей вводят пластифицирующие добавки (например, поликриамид и др.), составляющие десятые и сотые доли процента от массы вяжущего.

Для доставки твердеющих закладочных смесей применяют самотечный (рис. 17.1, а) и самотечно-пневматический (рис. 17.1, б) трубопроводный транспорт.

Трубопровод самотечной установки состоит из вертикальной и горизонтальной частей. Закладочная смесь непрерывным потоком поступает в приемную воронку вертикального трубопровода (см. рис. 17.1, а) и перемещается на определенное расстояние по горизонтальной части за счет статического напора столба смеси в вертикальной части трубопровода. Дальность транспортирования по горизонтали в 3—5 раз больше высоты вертикального столба закладочной смеси, скорость движения 0,3—0,8 м/с (в зависимости от состава смеси), диаметр трубопровода от 76 до 220 мм.

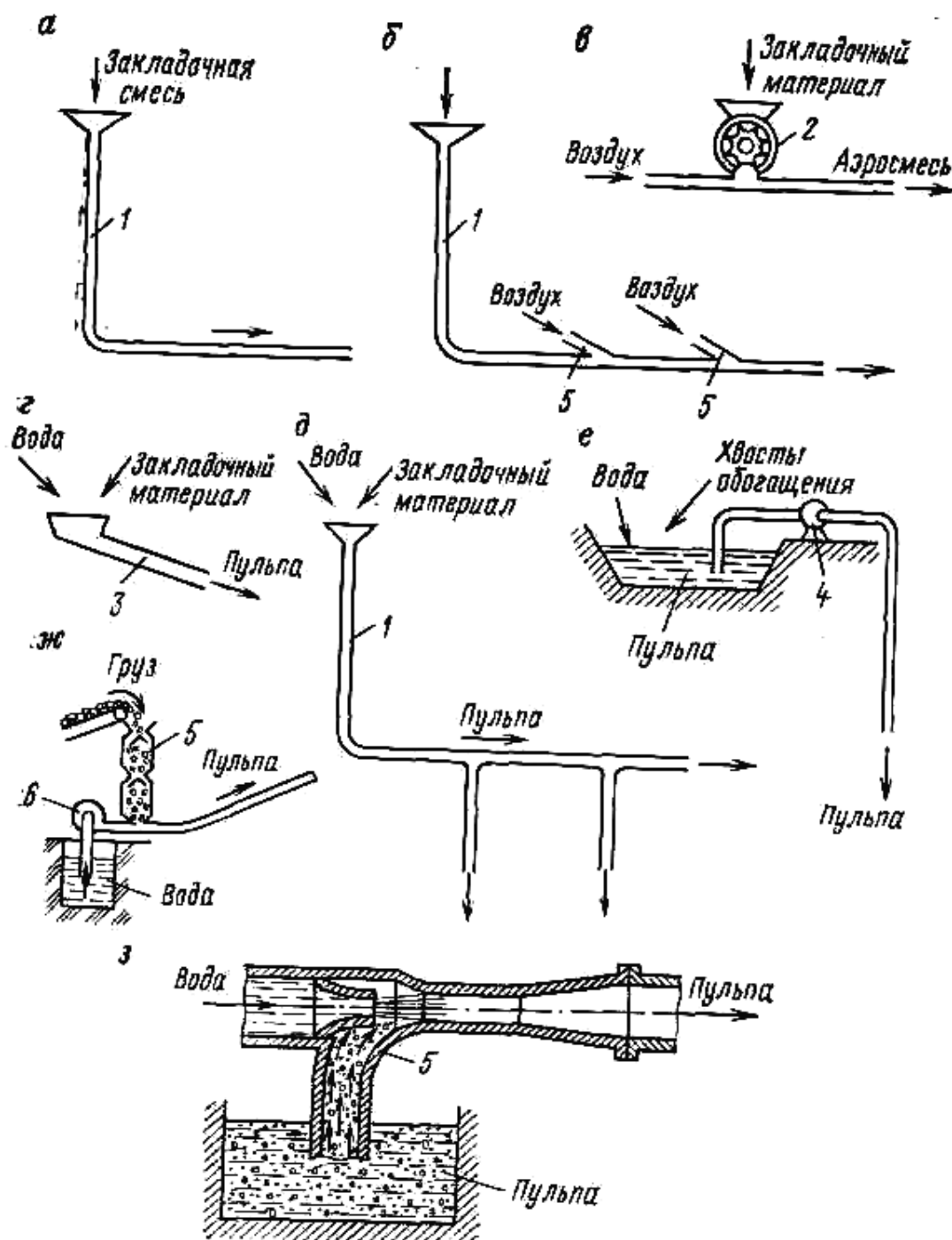


Рис. 17.1. Схемы трубопроводного транспорта закладочных материалов: а — самотечного; б — самотечно-пневматического; в - пневматического с закладочной машиной; г — самотечного гидравлического по наклонной почве или желобу; д - самотечного гидравлического с вертикальными и горизонтальными трубопроводами; е — напорного гидравлического; ж — то же с питателем; з — гидроэлеватор- 1 — трубопровод- 2 — закладочная машина; 3 — наклонный желоб; 4 — пульпонасос; 5 —питатель; 6 — насос

Преимущества самотечного трубопроводного транспорта — довольно высокая производительность (до 60—180 м³/ч) и простота конструкции, недостаток — ограниченное расстояние транспортирования, зависящее от высоты вертикальной части трубопровода и времени твердения закладочных смесей.

Применение самотечно-пневматического транспорта позволяет значительно увеличить длину доставки закладочных смесей за счет энергии сжатого воздуха, поступающего на горизонтальные части трубопровода через пневмоэжекторы (пневмо-врезки), вмонтированные под углом 25—30° к продольной оси трубопровода в направлении движения закладочной смеси (см. рис. 17.1,6) и соединенные гибкими шлангами с воздушной магистралью. Диаметр пневмоврезок 1,5—2", расстояние между ними 60—100 м. Скорость движения смеси на участке пневмотранспорта достигает 4—10 м/с. Смесь разделяется сжатым воздухом на порции и затем отдельными порциями проталкивается по горизонтальному трубопроводу к месту закладки.

Преимущества самотечно-пневматического транспорта — подача закладочной смеси на большие расстояния при высокой производительности и надежность в работе, недостаток — повышенные энергозатраты (по сравнению с самотечным транспортом) вследствие использования сжатого воздуха. Этот вид транспорта твердеющих закладочных смесей получает все большее распространение.

Рассмотрим схему пневматического трубопроводного транспорта сплошным потоком (рис. 17.1, в). Закладочный материал с помощью закладочной машины вводят в трубопровод, по которому материал во взвешенном состоянии перемещается воздушной средой и выбрасывается в выработанное пространство. Скорость воздушного потока, при которой частицы транспортируемого материала находятся во взвешенном состоянии, называется *скоростью витания*. Если частицу материала уподобить шару диаметром d (м), то уравнение равновесия шара, помещенного в воздушную среду в трубопроводе, можно записать в следующем виде:

$$\frac{\rho d^3 g_T}{6} g = l_B \frac{l_B \rho d^2}{4} u_B^2 g \quad (17.1)$$

где γ_T — плотность материала, кг/м³; λ_B — коэффициент сопротивления, зависящий от формы частицы и состояния поверхности; $\gamma_B = 1,2$ — плотность воздуха, кг/м³; u_B — скорость витания (м/с), определяемая по формуле

$$u_B = \sqrt{\frac{2gdg_T}{3l_B g_T}}, \quad (17.2)$$

Скорость транспортирования закладочного материала принимают большей, чем скорость витания.

Такую схему пневматического транспорта (см. рис. 17.1, в) применяют для сухой закладки. Закладочный материал — неабразивная дробленая порода крупностью 5—80 мм, дальность транспортирования 20—80 м, производительность 30—60 м³/ч, расход сжатого воздуха — около 150 м³ на 1 м³ закладочного материала.

Недостатки пневмотранспорта сухих закладочных материалов: большое пылеобразование; высокий износ труб и закладочных машин; большой расход сжатого воздуха; высокие предъявляемые требования к закладочному материалу в отношении его гранулометрического состава и абразивности и др. Этот вид транспорта неприемлем для доставки твердеющих закладочных смесей в связи с нарушением структуры смеси, а следовательно, и прочности закладываемого массива. Пневматический транспорт закладочных материалов сплошным потоком не получил широкого распространения на рудных шахтах.

Гидравлические транспортные установки разделяются на *самотечные и напорные*. В самотечных установках транспортирование материала производится струей воды по наклонно установленным желобам и трубам (рис. 17.1, з) или по трубам под действием статического напора, создаваемого пульпой в вертикальной части трубопровода (рис. 17.1, д). В приемную воронку готовую пульпу или закладочный материал подают из бункера на желоб и гидромонитором смывают в приемную воронку вертикального трубопровода. Отношение высоты вертикальной части трубопровода к горизонтальной составляет примерно 1:4 — для кусковых и 1:15 — для мелкозернистых материалов. Крупность частиц материала не должна превышать 50 - 80 мм. Для гидрозакладки применяют хвосты обогатительных фабрик, гранулированные шлаки, пески с примесью глины и дробленые породы. Консистенцию пульпы — отношение твердого и жидкого (Т:Ж), которая зависит от крупности закладочного материала, принимают в соотношении от 1:0,6 до 1:5. Преимущество схемы гидротранспорта (см. рис. 17.1, д) — простота конструкции, недостаток — ограниченное расстояние транспортирования.

В системе напорного гидротранспорта устанавливают пульпонасосы (рис. 17.1, е) или другие механизмы, обеспечивающие засасывание пульпы и транспортирование ее по трубопроводу. При использовании пульпонасосов наиболее эффективно применять мелкозернистые закладочные материалы (например, пески и хвосты обогатительных фабрик), которые довольно легко перемещаются в напорном трубопроводе и обеспечивают высокое качество закладочного массива.

При другой схеме напорного гидротранспорта (рис. 17.1, ж) насыпной груз крупностью до 60 мм загружают в трубопровод специальным загрузочным устройством — питателем, а воду в трубопровод подают насосом.

При разработке россыпных месторождений для транспортирования пульпы к промывочным приборам применяют гидроэлеваторы (рис. 17.1, з). Гидроэлеватор работает следующим образом. По трубопроводу в насадку подают под давлением воду. Благодаря значительной скорости струи воды, выходящей из насадки, в камере гидроэлеватора создается вакуум, пульпа через патрубок засасывается в камеру и под напором струи воды попадает в трубопровод. Высота подъема пульпы гидроэлеваторами может достигать 10 - 15 м, длина транспортирования по горизонтали — до 100 м, производительность 30 - 75 м³/ч. Недостатки гидроэлеваторов — низкий КПД (около 20 %), ограничение по крупности транспортируемой горной массы.

Скорость витания в гидротранспортных установках называется *критической скоростью*, при которой частицы транспортируемого материала находятся в потоке воды во взвешенном состоянии, а отдельные крупные частицы перемещаются скачкообразно. Сила тяжести частицы, эквивалентной шару диаметром d (м), во взвешенном состоянии (в восходящем потоке воды) уравнивается выталкивающей силой (по закону Архимеда) и сопротивлением перемещению:

$$\frac{pd^3 g_T}{6} g = \left(\frac{pd^3}{6} g_0 + l \frac{pd^2}{4} \frac{g_0}{g} u_{кр}^2 \right) g, \quad (17.3)$$

где γ_0 — плотность воды, кг/м³; λ — коэффициент сопротивления при свободном падении частицы в воде.

Критическая скорость (м/с)

$$u_{кр} = \sqrt{\frac{2dg}{3g_0 l} (g_T - g_0)}, \quad (17.4)$$

Расчетную скорость пульпы принимают больше критической — $v = (1,1 \div 1,2) u_{кр}$. Практически она составляет 2,5 — 3,5 м/с.

Преимущества напорного гидротранспорта — высокая производительность и подача закладочного материала на большие расстояния, недостатки — повышенный износ трубопровода, невысокая прочность закладочного массива, большое содержание воды в закладочном материале и увеличение затрат на обезвоживание, дренаж и перекачку воды.

Гидротранспорт не применяют для доставки твердеющих закладочных смесей, так как большое количество воды нарушает структуру смеси, разжижается и выносится цементная пульпа, что приводит к снижению прочности закладочного массива.

17.2. Оборудование трубопроводного транспорта

В состав закладочного комплекса входят механизмы для подготовки и дозирования исходных материалов и закладочных смесей, а также трубопроводный транспорт, оборудованный необходимыми контрольными приборами.

Известные закладочные комплексы отличаются друг от друга использованием различных исходных материалов для приготовления закладочных смесей и расположением рудных шахт в разных климатических зонах. Основные требования, предъявляемые к современным закладочным комплексам: универсальность и возможность приготовления различных по свойствам закладочных смесей для твердеющей и гидравлической закладок; отклонение от заданных характеристик смесей не более чем на 10 %; широкая механизация и автоматизация всего технологического процесса приготовления закладочной смеси и ведения закладочных работ.

Применяют два способа приготовления твердеющих смесей — совместный и отдельный. Наиболее распространен совместный способ, при котором на поверхности рудной шахты «начала» отдельно готовят инертные материалы (рассеивают и дробят, очищают от примесей) и вяжущее, а затем их дозируют и подают в смеситель для перемешивания между собой и водой. Готовая смесь поступает в приемную воронку вертикальной части трубопровода. При отдельном способе, который применяют очень редко, компоненты закладочной смеси транспортируют в выработанное пространство отдельно и смешивают лишь в процессе укладки.

Закладочные комплексы в зависимости от назначения могут быть центральными, служащими для приготовления закладочной смеси для всего месторождения, и участковыми, обслуживающими отдельные участки.

В зависимости от длительности эксплуатации различают закладочные комплексы стационарные и передвижные (или временные). Последние предназначены для приготовления небольших объемов смесей для удаленных участков выработанного пространства и могут располагаться на поверхности или в шахте.

Необходимым условием для обеспечения транспортабельности закладочных смесей и нормированной прочности искусственного массива является точное дозирование компонентов смесей. Дозирование заполнителей и вяжущего производят шиберами затворами или шнековыми питателями, установленными на расходных бункерах. Применяют также более точные автоматические весовые дозаторы, а для смешивания компонентов — высокопроизводительные смесители непрерывного действия с принудительным перемешиванием смеси лопастями.

Стоимость твердеющей закладки составляет 30 — 40 % от себестоимости 1 м³ выданной на поверхность руды, а затраты на исходные материалы для закладочных смесей достигают 50 — 70 % от общей себестоимости закладки. Расход наиболее дорогого компонента — цемента — 120÷400 кг на 1 м³ закладочной смеси (в среднем, около 200 кг). Большие нормы расхода цемента необходимы для улучшения пластичности и транспортабельности закладочных смесей с целью уменьшения возможных случаев закупорки трубопровода и увеличения длины транспортирования при самотечном способе доставки. Использование молотых шлаков черной и цветной металлургии в объеме до 300 — 350 кг на 1 м³ закладки позволяет снизить расход цемента на 80 — 100 кг/м³. Повышение транспортабельности смеси и некоторое снижение расхода цемента достигается вводом в вяжущее пластификаторов или наполнителей типа тонкомолотых песчаников, известняка, глины и др.

Разработана новая технология вибросмешивания компонентов, обеспечивающая более полное использование хвостов обогащения в качестве наполнителей и получение однородной, с высокой плотностью смеси путем передачи ей виброимпульсов с частотой, превышающей частоту вращения лопастей смесителя.

Пространственная схема расположения закладочных трубопроводов зависит от схемы вскрытия и отработки месторождения и генплана шахтной поверхности. По назначению закладочные трубопроводы подразделяются на магистральные стационарные, прокладываемые вертикально в стволах шахт или в скважинах и горизонтально по основным выработкам, и участковые временные, прокладываемые вблизи мест закладки. Последние часто перемонтируют по мере выполнения закладочных работ.

Для трубопроводов используют бесшовные стальные, реже чугунные и полиэтиленовые трубы. Перспективными являются полиэтиленовые трубы, которые не ржавеют, значительно легче стальных, достаточно прочны и обладают меньшим удельным сопротивлением движению смеси, что позволяет увеличить дальность транспортирования. Стоимость полиэтиленовых труб на 20 — 30% ниже, чем стальных.

Внутренний диаметр труб выбирают с учетом заданной производительности и размера куска заполнителя, а толщину стенок — с учетом назначения, вида транспортируемого материала и условий монтажа. Вертикальные магистральные трубопроводы имеют толщину стенок 12 — 16 мм, горизонтальные — 8÷10 мм, на коленах закруглений — 12÷15 мм.

Соединение отдельных отрезков труб — сварное или фланцевое болтовое (для магистральных) и фланцевое быстроразъемное (для участковых трубопроводов). На магистральном трубопроводе рекомендуется через 150 — 200 м устанавливать фланцевые вставки длиной 500 — 800 мм для обеспечения ликвидации закупорки трубопровода.

Вертикальную часть трубопровода соединяют с горизонтальной частью с помощью опорного колена, установленного на фундаменте (рис. 17.2). По горизонтальным выработкам трубопровод прокладывают на опорах или деревянных лежаках и придают ему уклон 0,005 — 0,008 в сторону движения смеси. Радиус закруглений трубопровода принимают не менее 10 его диаметров.

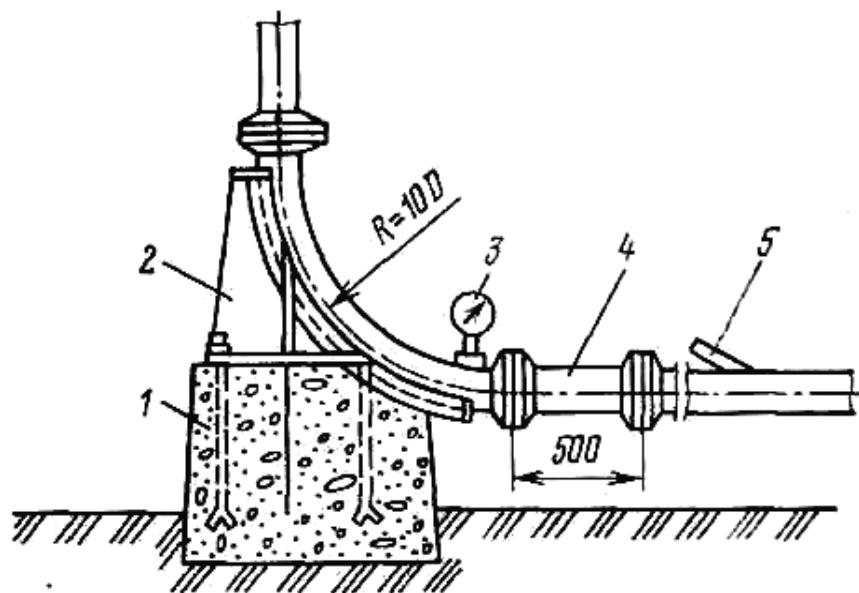


Рис. 17.2. Схема крепления закладного трубопровода: 1 — бетонное основание; 2 — упор; 3 — манометр; 4 — фланцевая вставка; 5 — сопло пневмоэжектора

Вследствие абразивности транспортируемых смесей трубопровод подвергается износу, интенсивность которого зависит от состава смеси, качества стали труб, технологии изготовления и толщины стенок труб, а также от режима транспортирования. Например, при увеличении скорости с 0,7 — 0,8 м/с (самотечный), до 2 м/с и более (самотечно-пневматический транспорт) износ труб увеличивается более чем в два раза. Расход стальных труб составляет 0,02 — 0,25 т на 1000 м³ транспортируемой смеси. Пропускная способность стальных труб, зависящая от абразивных свойств транспортируемого материала и марки стали, 500 — 700 тыс. м³. Меньшему износу подвержены полиэтиленовые трубы.

С целью увеличения долговечности труб их внутреннюю поверхность футеруют каменным литьем, резиной или другими материалами. Существует практика футеровки внутренних поверхностей колен твердым сплавом.

На горизонтальном трубопроводе самотечно-пневматического транспорта через определенные расстояния под углом 15 — 30° врезают пневмоэжекторы (рис. 17.3), соединенные резиновыми шлангами с воздушной магистралью, проложенной вдоль трубопровода. Диаметр сопла пневмоэжектора 10 — 20 мм (в зависимости от диаметра трубопровода). С целью ликвидации закупорки на трубопроводе устанавливают резервные пневмоэжекторы. Для предотвращения попадания твердеющей смеси в сеть сжатого воздуха пневмоэжекторы оборудуют обратными, клапанами.

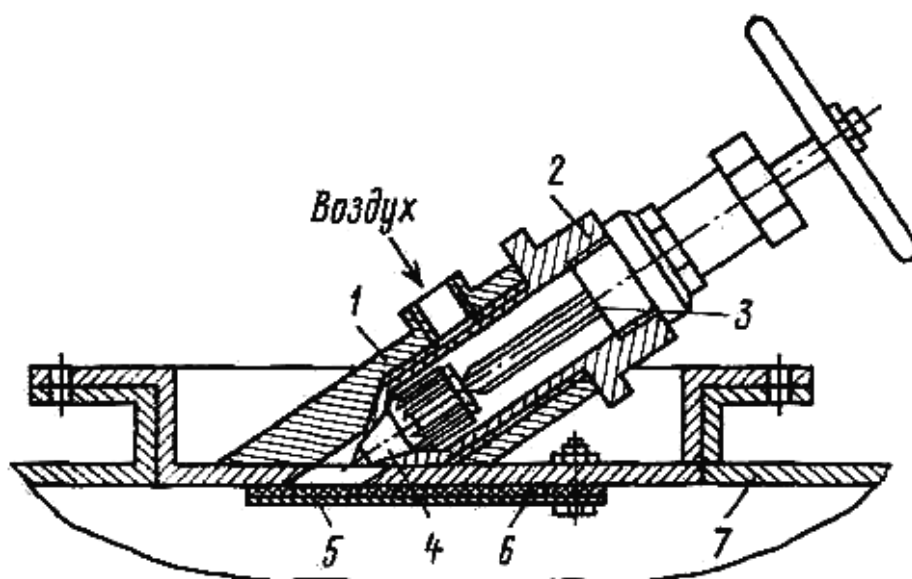


Рис. 17.3. Пневмоэжектор: 1 — патрубок; 2 — корпус эжектора; 3 — шток; 4 — запорное устройство; 5 — стальная пластина; 6 — резина; 7 — трубопровод

Рядом с пневмоэжекторами с таким же интервалом на трубопроводе устанавливают устройства ввода воды для ликвидации аварийных пробок и промывки трубопровода. Устройство представляет собой приваренный в верхней части трубопровода патрубок, закрываемый заглушкой или винтовым игольчатым клапаном. Вода к устройству под давлением до 4 МПа подается от водопроводной магистрали, проложенной вдоль трубопровода.

У мест врезки пневмоэжекторов и на колене перехода вертикального трубопровода в горизонтальный устанавливают манометры для замера давления воздуха в закладочном трубопроводе.

Для предупреждения и ликвидации закупорок трубопровода применяют виброустановки (рис. 17.4). В результате вибрации трубопровода снижается коэффициент сопротивления перемещению бетонной смеси, что позволяет ликвидировать закупорки и увеличить эффективность транспортирования смесей.

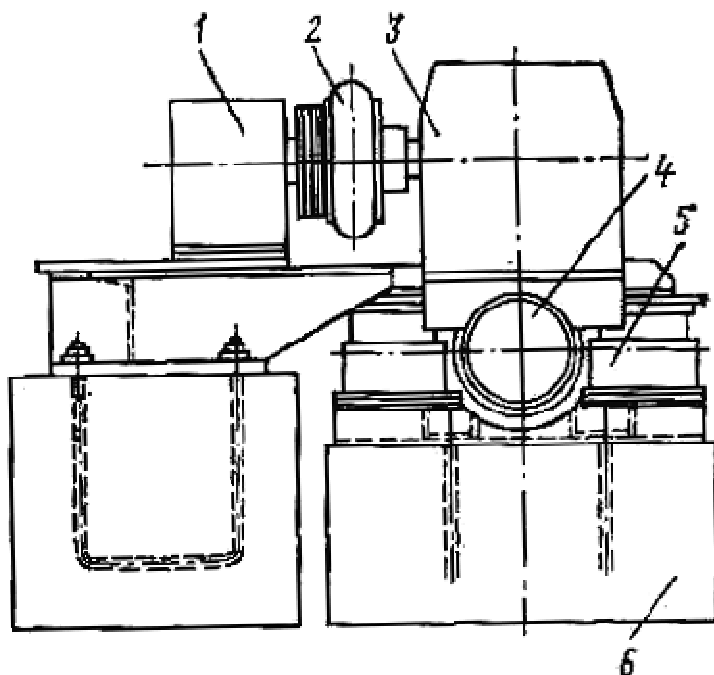


Рис. 17.4. Виброустановка трубопровода: 1 — электродвигатель; 2 — муфта; 3 — вибратор; 4 — трубопровод; 5 — амортизатор; 6 — фундамент

17.3. Расчет основных параметров трубопроводного транспорта

Основными параметрами трубопроводного транспорта являются производительность, диаметр трубопровода, длина транспортирования и др.

Техническая производительность самотечного трубопроводного транспорта по закладочной смеси (м³/ч)

$$V_T = 3600 \frac{pD^2}{4} u, \quad (17.5)$$

откуда диаметр трубопровода (м)

$$D = \sqrt{\frac{V_T}{900pu}}, \quad (17.6)$$

Диаметр трубопровода рекомендуется проверять по его соотношению с размером δ (мм) крупного зерна заполнителя, т. е. $D \geq 0,005\delta$.

Скорость движения смеси при самотечном транспортировании принимают из условия устойчивости ее к расслоению и пропускной способности трубопровода. Оптимальная скорость $u = 0,5 \div 0,7$ м/с (реже $1,5 \div 2$ м/с).

Максимальная длина самотечного транспортирования по горизонтали

$$L_{\max} = \frac{Hk_3 \gamma}{\Delta p} - \left(\frac{Hk_3}{\sin b} + \sum_1^n n_k l_k \right) \quad (17.7)$$

где H — высота вертикальной части трубопровода, м; $k_3 = 0,7 \div 0,8$ — коэффициент заполнения вертикальной части; γ — плотность смеси, т/м³; Δp — удельные потери давления при

движении смеси по трубопроводу, Па/м; b — угол наклона трубопровода к горизонту, градус;

$\sum_1^n n_k l_k$ — суммарная эквивалентная длина колен и поворотов, расположенных по длине трубопровода, м.

Эквивалентная длина l_3 (90°) для колена с углом поворота 90° и радиусом закругления 2 м равна 12 м, а с радиусом закругления 1 м — 20 м. Для колен с углом поворота $\alpha_k < 90^\circ$ эквивалентная длина (м)

$$l_3 = l_3(90^\circ) \frac{a_k}{90^\circ}, \quad (17.8)$$

Удельные потери давления (Па/м)

$$\Delta p = \frac{16}{3} \frac{t_0}{D} + \frac{32 m_{cm}}{D^2}, \quad (17.9)$$

где t_0 — статическое напряжение сдвига, Па; m_{cm} — вязкость смеси, Па·с. Ориентировочно принимают $Dp = 0,1$ МПа/м.

Длину горизонтального участка трубопровода можно увеличить путем перехода с самотечного на самотечно-пневматический способ транспортирования.

Расстояние от вертикальной части трубопровода до первого пневмоэжектора (м)

$$L_{II} = L_{max} - \frac{P_B}{\Delta p}, \quad (17.10)$$

где P_B — давление сжатого воздуха, МПа.

Максимальная длина горизонтального участка пневмотранспортирования (м)

$$L_{II max} = \frac{u_{II}}{u_c} \frac{P_B}{\Delta p}, \quad (17.11)$$

где u_{II} и u_c — скорость движения смеси соответственно на участках пневмотранспорта и самотеком, м/с. Как правило, принимают $u_{II} = 4 \div 10$ м/с.

Первый рабочий пневмоэжектор устанавливают в конце самотечного участка, второй — на расстоянии 60—100 м от первого и т. д. Возможная длина доставки самотечно-пневматическим транспортом может достигать до 2000—2500 м.

Техническая производительность ($m^3/ч$) гидротранспортной установки по пульпе

$$V_{II} = 3600 \frac{p D^2}{4} u, \quad (17.12)$$

Скорость пульпы $v = (1,1 \div 1,2) v_{кр}$. Практически $v = 2,5 \div 3,5$ м/с.

Производительность по твердому закладочному материалу ($m^3/ч$)

$$V_{TB} = V_{II} s, \quad (17.13)$$

где $s = 0,25 \div 0,4$ — концентрация пульпы.

Подставляя значение V_{II} из формулы (17.12) в формулу (17.13), можно определить необходимый диаметр трубопровода (м) при котором обеспечивается заданная производительность по твердому закладочному материалу:

$$D = \frac{1}{30} \sqrt{\frac{V_{TB}}{p u s}}, \quad (17.14)$$

Наибольшая длина транспортирования по горизонтали (м) под действием статического напора для самотечного гидротранспорта (см. рис. 17.1, д).

$$L_{max} = 2g(H - h) \frac{D}{l_1 u^2} - \sum h_{экв}, \quad (17.15)$$

где H — высота вертикальной части трубопровода, м; h — остаточный (скоростной) напор пульпы при выходе ее из трубопровода, м (обычно $h \leq 20$ м); λ_1 — коэффициент сопротивления движению пульпы, определяемый по формуле

$$l_1 = g_{II} \left(0,03 + \frac{0,0018}{\sqrt{u D}} \right) \quad (17.16)$$

где $\gamma_{\text{п}}$ — плотность пульпы, т/м³; $\Sigma L_{\text{экв}}$ — суммарная эквивалентная длина колен (при диаметре труб 50 и 200 мм $\Sigma L_{\text{экв}}$ составляет для задвижек соответственно 0,5 и 3 м, для колен — 0,3 и 2 м).

17.4. Автоматизация, эксплуатация и правила безопасности

Основные требования, предъявляемые к автоматизированным закладочным комплексам: поддержание заданного состава смеси и получение искусственного массива нормированной прочности; обеспечение автоматического контроля за устойчивостью режима транспортирования смеси. Схема автоматизации должна выполнять следующие функции: автоматическое дозирование заполнителей, вяжущего и воды; контроль скорости движения смеси, давления воздуха, вязкости смеси и уровня смеси в вертикальном трубопроводе; автоматическая защита при возникновении аварийных ситуаций.

В настоящее время ведутся работы по созданию автоматизированных закладочных комплексов. Современное оборудование комплексов позволяет оператору осуществлять дистанционный контроль за параметрами транспортирования закладочной смеси и своевременно принимать меры, предупреждающие аварийные ситуации.

Поддержание заданного состава смеси производят с помощью автоматических взвешивающих устройств для вяжущего и заполнителя и с помощью счетчика расхода воды.

На пульт оператора выведены показания манометра, установленного на трубопроводе в месте перехода вертикального участка в горизонтальный, датчика наличия смеси, манометра, установленного на магистрали сжатого воздуха. При достижении давления в трубопроводе 2,5 МПа срабатывают звуковая и световая сигнализации, так как повышение давления до такой величины свидетельствует о повышении сопротивления движению смеси и возможности образования пробок. Причинами образования пробок могут быть неравномерная подача закладочной смеси, несоблюдение соотношения жидкого и твердого, низкие скорости на самотечном участке, попадание в трубопровод посторонних предметов или уменьшение его сечения из-за заштыбовки, недостаточное поступление сжатого воздуха на участок пневмотранспортирования и др.

Во избежание возможного схватывания твердеющей закладочной смеси и потери ее подвижности закупорка трубопровода должна быть ликвидирована в максимально короткий срок. Последовательность операций при ликвидации закупорок трубопровода: простукивание трубопровода; включение вибрационных устройств, расположенных на трубопроводе; включение резервных эжекторов на участке пневмотранспортирования; расстановка трубопровода в местах установок фланцевых вставок и подача воды в трубопровод.

В процессе эксплуатации закладочного комплекса необходимо следить за герметичностью трубопровода и его креплением, производить контроль толщины стенок труб с помощью радиоизотопных толщиномеров. На горизонтальных участках трубопровода изнашивание внутренних стенок труб на 1 мм толщины происходит при доставке 100—120 тыс. м³ смеси. Пропускная способность металлических труб до полного износа зависит от абразивности смеси, марки стали трубы и может достигать 500—700 тыс. м³. Для увеличения срока службы на горизонтальном участке следует регулярно разворачивать трубы на 120° после прохождения по ним 10 тыс. м³ смеси. По окончании очередного цикла закладочных работ трубопровод промывают водой.

При эксплуатации трубопроводного транспорта должны строго соблюдаться правила безопасности: давление в трубопроводе не должно превышать расчетное; не разрешается ликвидация пробок простукиванием кувалдой при остаточной толщине стенки трубы менее 4 — 5 мм; при ликвидации пробок и расстыковке трубопровода обслуживающий персонал должен находиться на расстоянии не менее 25 — 30 м по направлению подачи смеси. Другие меры безопасности регламентируются инструкцией по эксплуатации закладочного комплекса.

Вопросы для самопроверки

1. Укажите область применения трубопроводного транспорта на рудных шахтах.
2. Начертите основные схемы трубопроводного транспорта и объясните их принцип действия.
3. Объясните принцип действия пневмотранспорта. Что называется скоростью витания?

4. Объясните принцип действия гидротранспорта. Что называется критической скоростью и как определить расчетную скорость пульпы?
5. Перечислите основное оборудование гидро- и пневмотранспортных установок.
6. Каким образом можно устранить закупорку трубопровода при перемещении по нему закладочных смесей?

Задачи и упражнения

1. Определите необходимый диаметр трубопровода для транспортирования закладочной смеси при технической производительности $V_T = 50 \text{ м}^3/\text{ч}$ и скорости перемещения смеси $v = 0,7 \text{ м/с}$.
2. Напишите формулу для определения максимальной длины самотечного транспорта по горизонтали, примите сами исходные данные и выполните расчет.
3. Изложите письменно порядок расчета гидротранспортной установки.

IV. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РУДНИЧНЫЙ ТРАНСПОРТ ДЛЯ ДОСТАВКИ МАТЕРИАЛОВ, ОБОРУДОВАНИЯ И ЛЮДЕЙ

18. ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ ДЛЯ ДОСТАВКИ МАТЕРИАЛОВ, ОБОРУДОВАНИЯ И ЛЮДЕЙ

18.1. Средства вспомогательного транспорта и области их применения

Для бесперебойной работы очистных и подготовительных забоев необходимо обеспечивать регулярную доставку людей в рудную шахту и большого числа разнообразных по размерам, массе и форме вспомогательных грузов, основными из которых являются: длинномерные материалы (рельсы, трубы); лесоматериалы; металлическая крепь; железобетонные изделия; сыпучие материалы (балласт, цемент); жидкие горюче-смазочные материалы; оборудование, узлы и запчасти машин и др. Для перевозки этих грузов используют средства комплексной механизации, включающие вспомогательные транспортные установки, контейнеры, пакеты и поддоны для затаривания грузов на поверхности шахты и их доставки к рабочим местам, механизмы для погрузочно-разгрузочных работ.

В зависимости от типа перевозимых вспомогательных грузов, горно-технических и горно-геологических условий эксплуатации применяют различные виды вспомогательного транспорта, которые разделяются на *напочвенные* и *подвесные* средства. К напочвенным относятся рельсовые средства, локомотивная и канатная откатки, безрельсовые самоходные транспортные машины или специальные конвейеры. К подвесным средствам вспомогательного транспорта относятся канатные дороги и монорельсовые дороги с канатной и локомотивной тягой.

Согласно нормам технологического проектирования рудных шахт по добыче крепких руд, а также учитывая эксплуатируемые основные виды транспорта, перевозку людей и доставку материалов и оборудования рекомендуется осуществлять:

- по горизонтальным выработкам, оборудованным рельсовыми путями, — электровозным транспортом со специальными платформами и пассажирскими вагонетками;
- по горизонтальным и наклонным (до 15°) безрельсовым горным выработкам — вспомогательными самоходными машинами на пневмошинном, реже гусеничном механизмах перемещения;
- по наклонным стволам, оборудованным рельсовыми путями и канатной тягой, — специальными вагонетками или скипами (для материалов), специальными пассажирскими вагонетками, оборудованными парашютными устройствами (для людей);
- по наклонным выработкам — для людей и вспомогательных грузов небольшой массы моноканатными подвесными дорогами (на угольных шахтах для этих целей применяют подвесные монорельсовые дороги).

Основные требования, предъявляемые к вспомогательному транспорту:

- взаимоувязка параметров технологических транспортных схем шахты с горно-геологическими условиями разработки, схемами вскрытия и подготовки, системами разработки и условиями работы основных транспортных машин в шахте;
- перевозка материалов в укрупненных единицах (пакетах, контейнерах), собираемых в местах складирования на поверхности;
- обеспечение по возможности бесперегрузочной доставки материалов и оборудования к местам потребления;
- доставка материалов и оборудования по календарным графикам и планам оснащения забоев с учетом необходимости выдачи на поверхность демонтированного оборудования, металлолома, отработанных масел и др.;
- оснащение стационарными, переносными или передвижными грузоподъемными средствами для погрузочно-разгрузочных работ в местах потребления и в пунктах погрузки;
- соблюдение регламентируемого времени для перевозки людей к их, рабочим местам в шахте, обеспечивая при этом минимальную утомляемость и максимальную комфортность во время движения транспортных средств.

В рудных шахтах для перевозки вспомогательных грузов используют, в основном, электровозный транспорт и самоходные транспортные машины, реже — канатную откатку. Внедряются также подвесные средства транспорта.

18.2. Напochвенные средства вспомогательного транспорта

При использовании рельсового транспорта с электровозной тягой для перевозки вспомогательных грузов применяют обычные грузовые вагонетки и специальные вагонетки; платформы для контейнеров, пакетов и оборудования; вагонетки лесодоставочные, балластные с клапанной разгрузкой, для пылевидных материалов с герметически закрывающимся кузовом, для вяжущих растворов, жидкостей, взрывчатых материалов; вагонетки и специально оборудованные платформы для перевозки конвейерных лент, канатов, кабелей, газовых баллонов и огнетушителей и др.

Для доставки различных материалов и изделий (например, шпал, тубингов, железобетонных затяжек, водоотливных лотков и др.) применяют пакеты, поддоны и контейнеры, приспособленные для механизированных способов погрузки, разгрузки и складирования, а также для перевозки различными видами транспорта без переупаковки по всему пути их перемещения. Параметры и вид грузовых единиц зависят от габаритов подвижного состава и размеров поперечных сечений горных выработок. При этом размеры и массу грузовых единиц устанавливают исходя из условий обеспечения максимального использования транспортных и грузоподъемных средств.

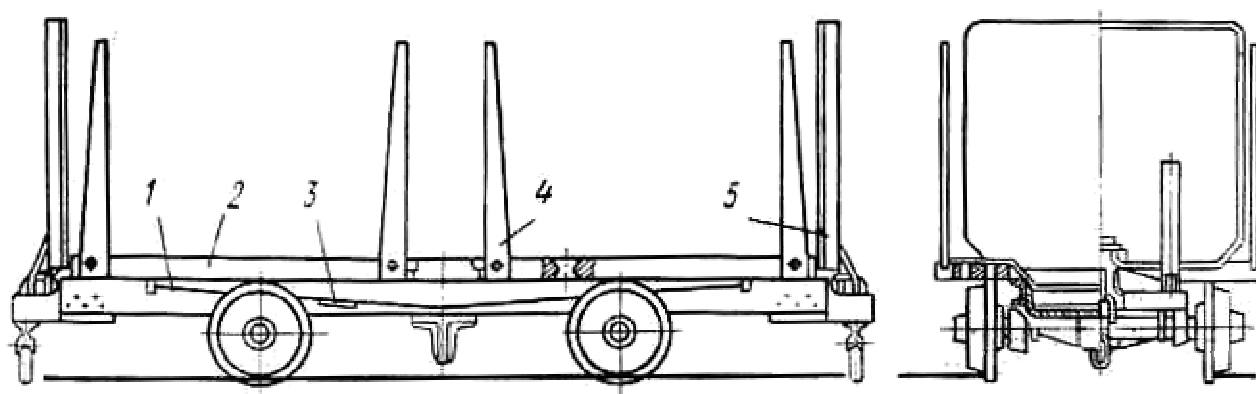


Рис. 18.1 Унифицированная платформа

Контейнеры, предназначенные для доставки штучных, наливных и насыпных грузов, перевозятся на платформах (рис. 18.1). Основными сборочными единицами платформы являются ходовая тележка 1, на которой закреплена плита 2, механизм 3 фиксации контейнеров, ограничительные стойки 4 и торцовые стенки 5. В зависимости от грузоподъемности платформы на ней могут быть установлены один или два контейнера. Пакеты или штучные грузы, транспортируемые на платформе, должны быть ограничены по длине торцовыми стенками.

Практика внедрения контейнерной доставки грузов в угольных шахтах показала, что контейнеры как укрупненные грузовые единицы обладают значительной собственной массой и, кроме того, на их возврат из шахты требуются большие затраты. Поэтому в перспективе наибольшее распространение получит пакетирование грузов с помощью стропов, что упрощает организацию транспортных работ, так как упаковочный материал не возвращают на поверхность. При этом значительно снижаются коэффициент тары и капитальные затраты.

Длинномерные грузы, рельсы и трубы перевозят сформированными в пакеты и закрепленными на сдвоенных поворотных тележках (рис. 18.2, а). Доставку пакета с рельсами от шахтного склада до горизонта шахты осуществляют следующим образом. На поверхности с помощью двух кассет формируют пакет 1 (см. рис. 18.2, а) из рельсов или труб массой до 3,5 т и закрепляют его на двух поворотных тележках 2. На пакете закрепляют роликовую подвеску 3, которую перед спуском по стволу вводят в направляющие несущей подвески клетки. Затем пакет вместе с тележками поднимают в копер (рис. 18.2, б), при этом одна из тележек перемещается по рельсам. При переподъеме клетки пакет удерживается от колебаний канатом дополнительной лебедки 4. Спуск клетки с пакетом осуществляют со скоростью не более 4 м/с. В околоствольной выработке пакет вместе с тележками втягивают лебедкой 5 в сопряжение ствола с околоствольным двором. При медленном опускании клетки пакет с помощью лебедки устанавливают тележками на рельсовый путь, по которым он доставляется электровозом к месту производства работ.

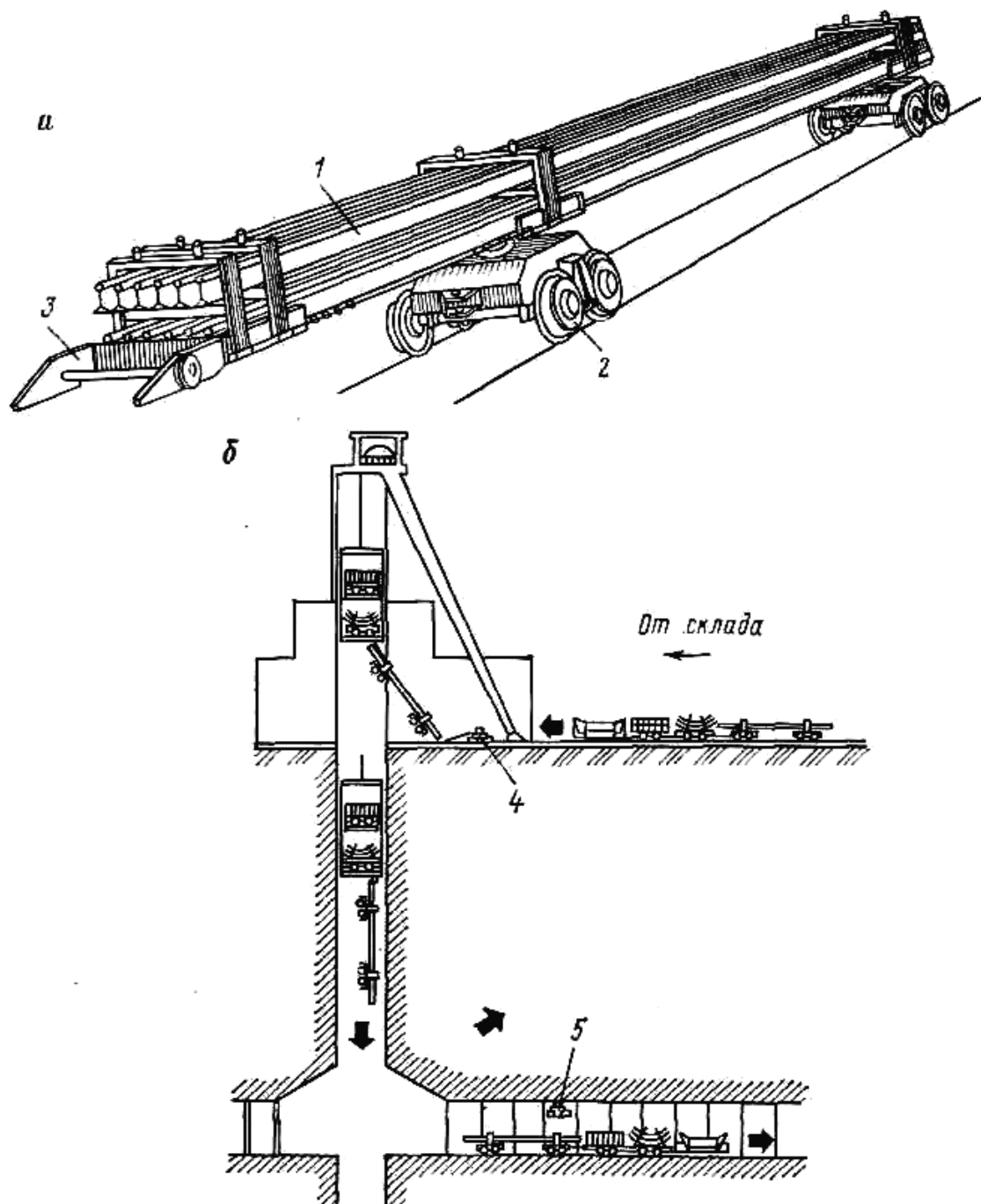


Рис. 18.2. Сформированный пакет рельсов на тележках (а) и схема доставки пакета от склада до горизонта шахты (б)

Для перевозки людей по горизонтальным выработкам используют вагонетки пассажирские ВПГ-12 (рис. 18.3) с шестью двухместными сиденьями и ВПГ-18 с шестью трехместными сиденьями. Вагонетки оборудованы колодочными тормозами с ручным управлением. Для защиты от поражения током в случае обрыва контактного провода кузов заземлен на рельсы через раму и полускаты.

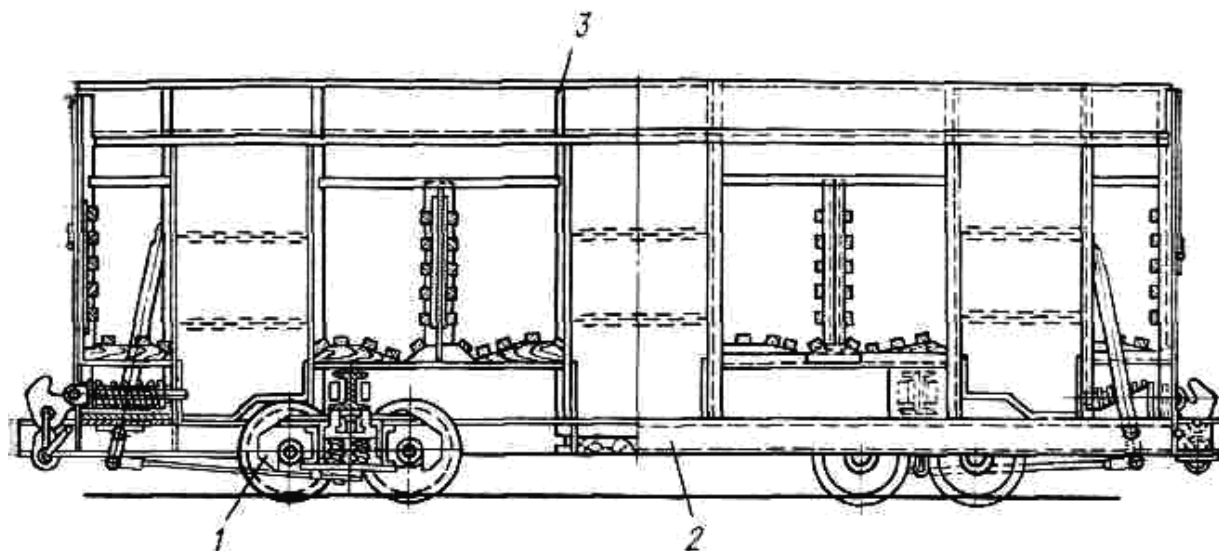


Рис. 18.3. Вагонетка пассажирская ВПГ-12: 1 — тележки; 2 — рама; 3 — кузов

В наклонных выработках (от 6 до 80°) для перевозки людей могут быть использованы специальные вагоны людские типа ВЛН с посадочными местами на 6 — 15 человек. Эти вагонетки перемещают одноконцевой канатной откаткой, включающей в себя канат, прицепные устройства и малую подъемную машину, оборудованную основным и дополнительным предохранительным тормозами и другими средствами согласно ПБ. Вагонетки для наклонных выработок в отличие от вагонеток для горизонтальных выработок оборудованы наклонно установленными сиденьями и специальными парашютными устройствами для улавливания и последующего плавного торможения вагонетки в случае обрыва тягового каната или сцепки, или превышения на 20% допустимой скорости движения, величина которой должна быть не более 5 м/с.

Т а б л и ц а 18.1

Технические характеристики подъемных машин

Параметры	Ц - 1,2×1	Ц - 1,6÷1,2	Ц - 2×1,5
Статическое натяжение каната, кН	25	40	63
Диаметр каната, мм	20	22—25	25—30
Скорость подъема, м/с	2—3	3—4	2,5—5
Длина откатки при навивке каната на барабан, м:			
в 1 слой	120	190	311
в 2 слоя	295	440	692
в 3 слоя	475	690	-
Мощность электродвигателя, кВт	75	160	320
Масса без электрооборудования, т	9,25	14	29,3-

Для канатной откатки применяют малые подъемные машины с цилиндрическими барабанами типа Ц - 1,2×1 и другие (табл. 18.1). В условном обозначении цифры после буквы Ц соответствуют диаметру и ширине барабана в метрах.

В рудных шахтах канатную откатку иногда используют для перевозки вспомогательных грузов в вагонетках и на платформах по наклонным выработкам между горизонтами и наклонным стволам по рельсовым путям, уложенным вдоль конвейерного подъема.

В угольных шахтах в выработках с углами наклона $\pm 5^\circ$ и сложным профилем рельсовых путей применяют напочвенные дороги с канатной тягой. Безрельсовые напольные средства вспомогательного транспорта по конструктивному исполнению и назначению можно разделить на четыре группы: промышленные автомобили, тягачи и тракторы, оборудованные системами очистки отработавших газов и приспособленные для работы в подземных условиях шахт, не опасных по газу или пыли; специализированные машины, приспособленные для перевозки одного типа грузов; комбинированные машины, оборудованные механизмами для выполнения такелажных, транспортных и других работ; дорожно-строительные машины.

К первой группе относится оборудование на базе автомобилей и тракторов, модернизированное силами ремонтных мастерских рудных шахт, ко второй — специализированные машины для перевозки людей к местам работы, длинномерных материалов (труб или рельсов), бетонной смеси, горюче-смазочных материалов, к третьей — машины для погрузочно-разгрузочных и транспортных работ, оборудованные кранами, грузовыми платформами, тяговыми лебедками, к четвертой — легкие бульдозеры, грейдеры и другое оборудование, используемое при строительстве подземных дорог.

Наиболее универсальными и перспективными являются специализированные самоходные машины на базе унифицированного шасси, на котором смонтированы установки различного назначения (рис. 18.4). Самоходное шасси типа 1BOM-01A, выпускаемое Воронежским заводом горно-обогатительного оборудования, состоит из тягача и полуприцепа, соединенных между собой двойным шарниром, обеспечивающим относительное смещение тягача и полуприцепа в горизонтальной плоскости на угол 120° (с минимальным радиусом поворота по внутреннему габариту 2,5 м, по внешнему — 4,5 м) и в вертикальной плоскости на угол 15° .

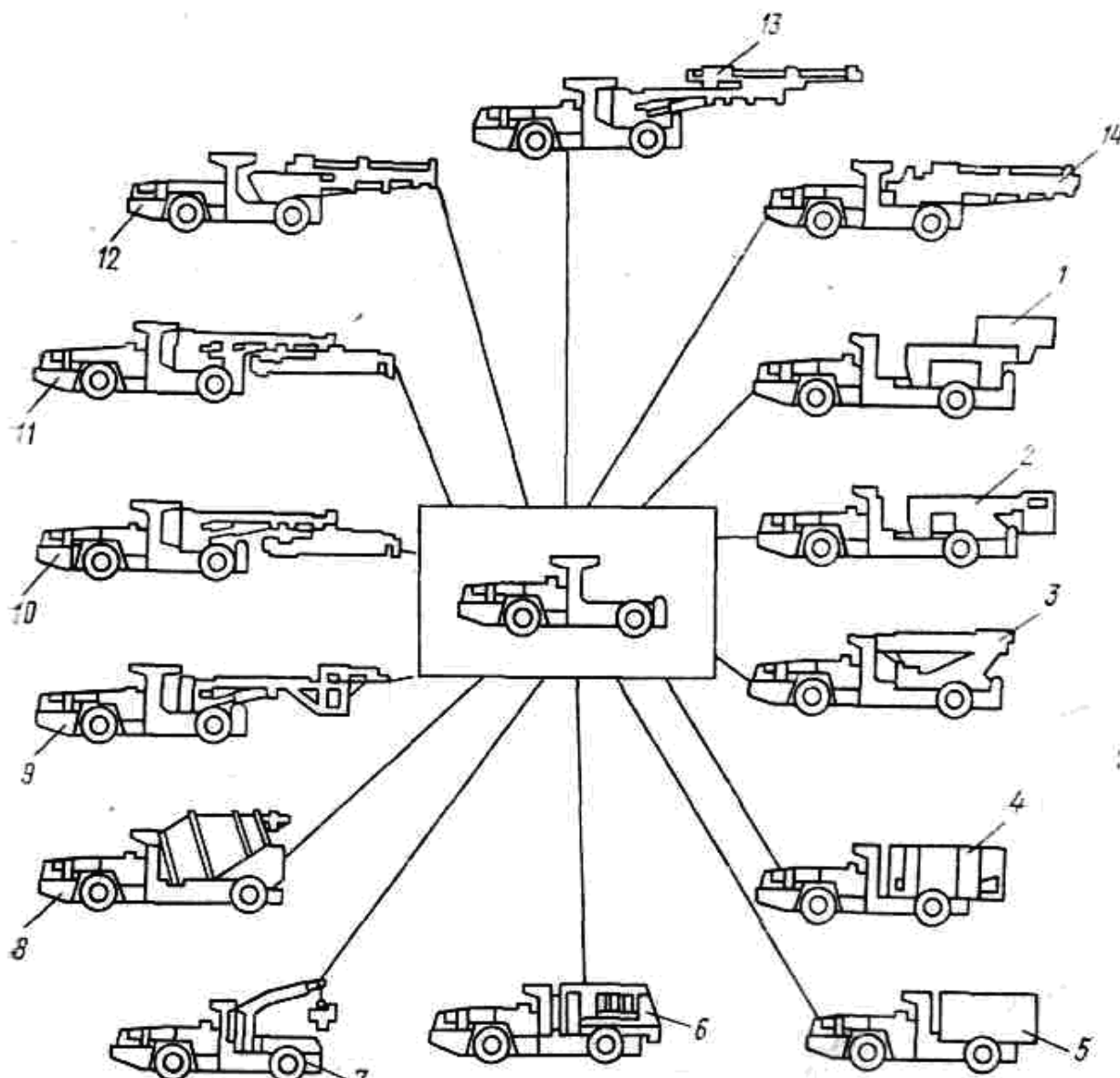


Рис. 18.4. Самоходные унифицированные шасси со съемным оборудованием различного назначения: 1 — полук самоходный для осмотра кровли; 2 — машина зарядная; 3 — кран подземный; 4 — машина для перевозки людей; 5 — машина для доставки топлива; 6 — самоходная подземная мастерская; 7 — машина для доставки материалов; 8 — машина для механизированного производства набрызг-бетонных работ; 9 — машина для осмотра и механизированной обделки кровли; 10 — агрегат для крепления кровли горных выработок сталеполимерными анкерами; 11 — то же железобетонными анкерами, 12, 13 и 14 — самоходные буровые установки различного назначения

Дизельный двигатель тягача мощностью 55 кВт оборудован системой двойной очистки отработавших газов. Гидромеханическая коробка передач обеспечивает 4 скорости движения машины вперед и 2 — назад. Максимальная скорость движения по горизонтальному пути с грузом

4—6 т составляет 30—20 км/ч. Преодолеваемый максимальный уклон 15°. Тягач оборудован рабочим колодочным тормозом с гидроприводом и стояночным дисковым тормозом. Рулевое колесо заблокировано с силовыми гидроцилиндрами смещения в плане тягача и полуприцепа. Отбор мощности на полуприцеп производится от насосных агрегатов, установленных на тягаче и питающих привод различного съемного оборудования.

Самоходная машина типа 1ВОМА на базе унифицированного шасси (рис. 18.5, а) для доставки материалов и оборудования и снабженная поворотным краном и грузовой платформой самосвального типа с тремя откидными бортами. Грузоподъемность крана 1 т, наибольшая высота подъема груза 5,5 м, грузоподъемность платформы 4 т, габариты машины 7400×1900×2250 мм, масса с полной заправкой 8,8 т.

Машина типа 1ВЛГА (рис. 18.5, б) предназначена для перевозки людей (25 человек) по подземным выработкам шахт, не опасных по газу и пыли. Габариты машины 8300×2000×2400 мм, масса 8,2 т.

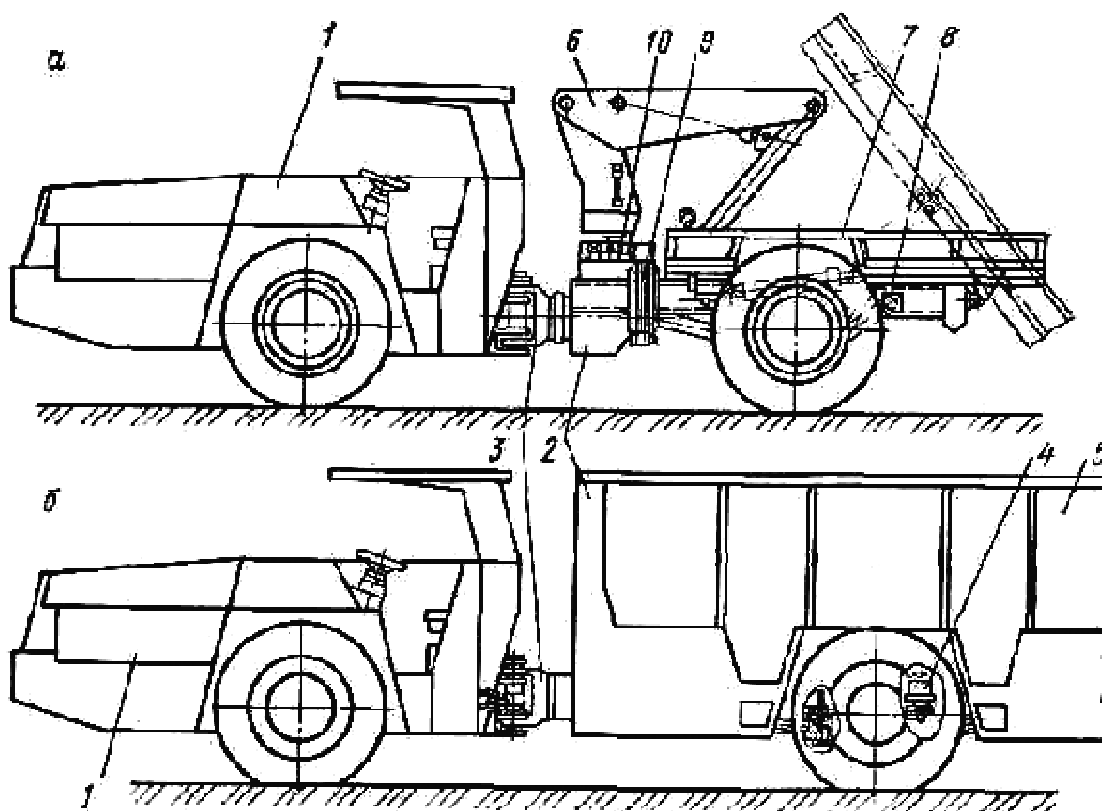


Рис 18.5. Оборудование самоходного унифицированного шасси: 1 — тягач; 2 — полуприцеп; 3 — двойной шарнир; 4 — тормозная система; 5 — кузов пассажирский; 6 — кран гидравлический; 7 — платформа грузовая; 8 — устройство для опрокидывания платформы; 9 — опоры (в поднятом положении); 10 — пульт управления

Перспективным направлением является создание универсальных самоходных шасси, предназначенных для обслуживания по так называемой кассетной системе, которая включает в себя набор различного оборудования, смонтированного на отдельных каркасах с четырьмя выдвигающимися вертикальными опорами. Таким оборудованием могут быть кассеты для перевозки людей, различных грузов, цистерна для ГСМ, кассета для нанесения набрызг-бетонных работ и др. При смене оборудования самоходное шасси въезжает между опорами каркаса кассеты, гидropодъемником поднимает кассету и опускает ее на раму шасси, после чего кассету закрепляют и соединяют питающие гидравлические шланги исполнительных органов, навесного оборудования.

Использование комбинированных машин с разнообразным: сменным оборудованием позволяет сократить число самоходных машин вспомогательного транспорта при увеличении числа выполняемых операций и повысить производительность труда.

За рубежом самоходные шасси со съемными кассетами выпускает фирма «Нермет» (Финляндия).

Институт ВНИПИрудмаш разработал машину вспомогательную кассетную типа МВК-5, в комплект которой входят самоходное шасси и кассеты для перевозки людей вместимостью 12

человек и доставки грузов массой 4 т, бак для ГСМ вместимостью 1440 л и кассету для нанесения набрызг-бетонной крепи.

18.3. Подвесные средства вспомогательного транспорта

Подвесные дороги выполняют одно- и двухканатными с кольцевым или маятниковым движением.

Для перевозки людей по специально проведенным горизонтальным или наклонным выработкам применяют одноканатные кресельные дороги с кольцевым движением. На бесконечном тягово-несущем канате, поддерживаемом по длине роликами, закреплены подвески с сиденьями. На конечных станциях канат вместе с подвесками огибает приводной и натяжной шкивы. Посадка и высадка людей производятся без остановки канатной дороги на специальных посадочных площадках. Длина дороги может составлять 400—1500 м, скорость движения каната 1,2—1,4 м/с, производительность — до 300 чел/ч, угол наклона выработки 0—25°.

Для доставки грузов массой до 3 т используют иногда двухканатные подвесные дороги с маятниковым движением. В угольных шахтах применяют монорельсовые дороги с канатной тягой типа ДМК, которые могут быть использованы при определенных условиях эксплуатации и в рудных шахтах.

В дороге маятникового типа приводная тележка перемещается с помощью замкнутого тягового каната по монорельсу, подвешенному на отрезках цепи к кровле выработки. Приводная тележка соединена тягами с тележками пассажирских и грузовых вагонеток. На ней смонтирован барабан с запасом тягового каната для удлинения дороги.

Выпускаются монорельсовые дороги с канатной тягой типа ДМКМ и ДМКУ для выработок с углами наклона соответственно 35 и $\pm 25^\circ$, грузоподъемностью 6,4 т. Длина транспортирования достигает 3000 м, скорость движения 0,3—2,1 м/с, мощность привода 90 кВт.

Недостаток монорельсовых дорог с канатной тягой — невозможность работы без промежуточной разгрузки при разветвленной сети горных выработок. В таких условиях применяют (в угольных шахтах) монорельсовые дороги с дизельным локомотивом.

18.4. Механизация погрузочно-разгрузочных и монтажных работ

Для погрузки и разгрузки на поверхности шахты и уже доставленных в шахту вспомогательных грузов, а также для производства монтажных и других работ применяют домкраты, лебедки с электрическим и пневматическим приводами, тельферы, мостовые краны и краны на самоходном шасси, гидравлические и электрические подъемники.

В горизонтальных выработках используют самоходные краны на колесно-рельсовом механизме перемещения, например: специальный кран типа КРС-3 грузоподъемностью до 3 т; кран К-1000 с гидравлическим управлением и телескопической стрелкой грузоподъемностью 1—1,5 т (в зависимости от вылета стрелы). Кран К-1000 укомплектован сменным оборудованием: крюковой подвеской, захватом для укладки труб, ковшом для поддирки почвы и грейфером для уборки породы.

На рудных шахтах применяют агрегат монтажный шахтный типа АМШ (см. рис. 14.9), смонтированный на базе рудничного электровоза и состоящий из полноповоротной телескопической крановой стрелы грузоподъемностью до 6 т, монтажной лебедки с тяговым усилием 40 кН, устройства для подъема и снятия рельсового пути, сварочного поста, гидрофицированного инструмента и различных монтажных приспособлений. На агрегате кроме токосъемника установлен кабельный барабан, что обеспечивает работу АМШ в выработках, не оборудованных контактным проводом. Кроме погрузочно-разгрузочных работ с помощью агрегата производят: монтаж вибропитателей (см. 14.5) и другого технологического оборудования; монтаж трубопроводов, кабелей, контактного провода; ремонт и снятие рельсовых путей; подъем сошедших с рельсов электровозов и вагонеток.

Получают широкое распространение различные грузоподъемные устройства на базе самоходных машин (см. рис. 18.4 и 18.5). Разрабатывают и внедряют универсальные машины, позволяющие выполнять комплекс различных вспомогательных процессов. Например, успешно эксплуатируется универсальный ковшовый погрузчик ПКУ-А, предназначенный для механизации погрузки горной массы при проходке водоотводных канав и укомплектованный сменным оборудованием: ковшом, крюком, грейфером и вилочным захватом. Кроме проходки канав с

помощью погрузчика можно выполнять различные погрузочно-разгрузочные операции, подвеску трубопроводов, монтаж люков и скреперных полков. Пневмопривод погрузчика питается от рудничной пневмосети.

На поверхности шахты для перегрузки вспомогательных грузов и формирования пакетов используют козловые краны, кран-балки, тельферы с набором грузозахватных устройств, автопогрузчики и другое подъемно-транспортное оборудование.

18.5. Эксплуатация средств вспомогательного транспорта

На рудных шахтах при суточной потребности участков во вспомогательных материалах до 20 т доставку этих материалов по автотранспортным уклонам и нерельсовым выработкам производят по одноступенчатой схеме: от складов на поверхности непосредственно до мест потребления — специальными маршрутами на вспомогательных самоходных машинах. Если суточная потребность участков в материалах превышает 20 т, а длина доставки составляет более 4 км, то доставку материалов следует осуществлять по двухступенчатой схеме: от складов на поверхности до центрального подземного склада на горизонте — специальными большегрузными машинами грузоподъемностью 10—15 т, а от подземного склада до рабочих мест — вспомогательными самоходными машинами грузоподъемностью 4-6 т.

При наличии автотранспортных уклонов доставка людей на глубину 500—600 м от административно-бытового комбината на поверхности до рабочих участков в шахте осуществляется автобусами по одноступенчатой схеме.

График работы вспомогательного транспорта должен быть увязан с графиком работы всего внутришахтного транспорта. На крупных шахтах доставка необходимых грузов, оборудования и людей производится бригадами, входящими в состав участка внутришахтного транспорта.

Эксплуатацию рельсовых и безрельсовых средств транспорта производят согласно основным требованиям, изложенным в 6.2 и 10.7.

Особое внимание следует обращать на рельсовые средства транспорта для доставки людей. Эти средства оборудуют аппаратурой сигнализации, связи и управления, обеспечивающей возможность экстренной остановки в любом месте по трассе движения.

Основные правила безопасности при эксплуатации вспомогательного транспорта: допускается перевозка людей только теми специальными транспортными средствами, на которые имеется разрешение Госгортехнадзора СССР для перевозки людей; запрещается езда людей в грузовых тележках, хождение людей по выработке во время работы подвесных средств транспорта; перевозимые грузы и оборудование не должны выступать за габариты подвижного состава по ширине и высоте.

Вопросы для самопроверки

1. Перечислите основные средства вспомогательного транспорта и укажите их области применения.
2. Перечислите основные требования, предъявляемые к вспомогательному транспорту.
3. Охарактеризуйте в целом напочвенные и подвесные средства вспомогательного транспорта.
4. Назовите основные средства для механизации погрузочно-разгрузочных работ.

V. ОБОРУДОВАНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ КОМПЛЕКСОВ НА ПОВЕРХНОСТИ РУДНОЙ ШАХТЫ

19. ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ НА ПОВЕРХНОСТИ ШАХТЫ

19.1. Промплощадка рудной шахты

Промышленная площадка — это поверхность рудной шахты, на которой размещены технологические здания и сооружения, механические мастерские, вентиляционные и компрессорные установки, подстанции, административно-бытовой комбинат и ряд различных вспомогательных служб. Взаимное расположение производственных зданий и сооружений и типы применяемых транспорта и оборудования зависят от способа обработки руды перед отправкой: или рядовую руду отправляют на обогатительную фабрику или подвергают дроблению и обогащению непосредственно на промышленной площадке.

Одними из основных сооружений промышленной площадки являются надшахтные здания главного вертикального или наклонного ствола и вертикального вспомогательного ствола. В надшахтном здании главного ствола производят приемку руды из шахты и передачу ее потребителю, на обогатительную фабрику или на аккумулирующий склад. Главный вертикальный ствол оборудуют скиповым или клетевым подъемом, а наклонный — конвейерным.

В надшахтном здании вспомогательного вертикального ствола производят прием породы и отправку ее в отвал, а также подачу в шахту различных вспомогательных грузов, материалов и оборудования, обработку выдаваемых из шахты использованных материалов и оборудования. По вспомогательному стволу осуществляют спуск и подъем людей.

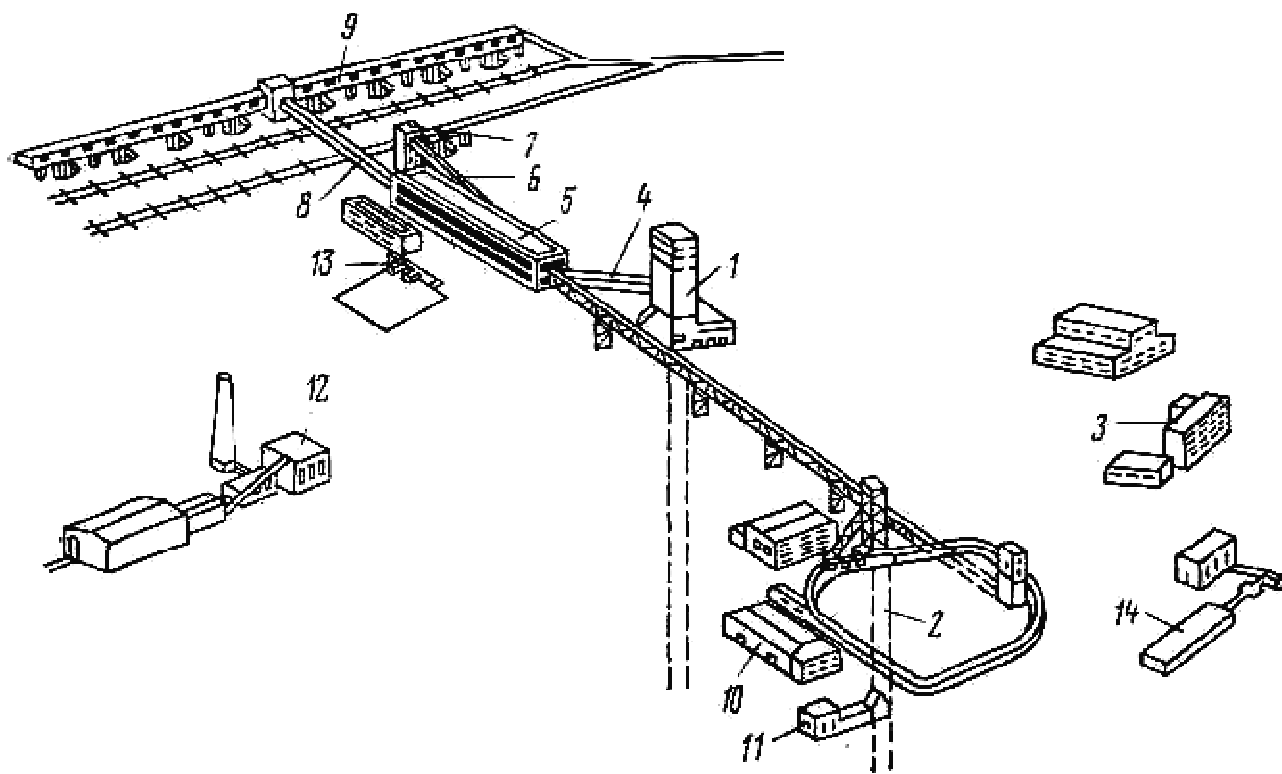


Рис. 19.1. Промышленная площадка железорудной шахты

Промплощадка железорудной шахты (рис. 19.1) включает в себя блоки главного скипового ствола 1 и вспомогательного клетевых ствола 2, административно-бытовой комбинат 3. Предварительно дробленая руда из скипов разгружается в бункер и по конвейерной галерее 4 подается на обогатительную фабрику 5, откуда готовая продукция по конвейерной галерее 6 подается в бункер 7 для загрузки в железнодорожные вагоны или по конвейерной галерее 8 поступает на склад 9.

Пустая порода, выдаваемая по вспомогательному стволу, вывозится автосамосвалами в отвал. В комплекс вспомогательного клетевых ствола входят ремонтная мастерская 10, вентиляционная и калориферная установки 11, материальный склад. На промплощадке

расположены котельная 12, компрессорная станция, электростанция 13 и установка 14 для обеззараживания шахтных вод.

Промплощадка с жилым поселком соединена асфальтированной дорогой.

19.2. Технологический комплекс поверхности

Технологический комплекс поверхности — это совокупность зданий, сооружений механизмов на поверхности шахты, предназначенных для обработки основного и вспомогательного грузопотока. В зависимости от вида выдаваемого груза различают главный и вспомогательный технологические комплексы, расположенные соответственно в надшахтных зданиях главного и вспомогательного стволов.

Одним из основных звеньев технологического комплекса поверхности шахты является транспорт, который должен обеспечивать: заданную производительность, бесперебойную и своевременную доставку к месту назначения полезного ископаемого, породы и вспомогательных грузов; надежную работу сопрягаемых узлов транспортных звеньев; сохранение сортности полезного ископаемого в процессе транспортирования; высокую степень автоматизации и высокие технико-экономические показатели.

В технологических комплексах поверхности современных рудных шахт применяют поточные транспортные системы с минимальным количеством перегрузок с использованием конвейерного транспорта или автосамосвалов, обеспечивающих транспортирование всей горной массы от забоя до поверхности по автотранспортным наклонным стволам. Для доставки вспомогательных материалов и оборудования от складов к вспомогательному стволу широко применяют рельсовые и самоходные безрельсовые средства транспорта и различные погрузочно-транспортные машины.

Оборудование технологического комплекса принципиально отличается от вида применяемого подъема руды на поверхность шахты. На современных мощных рудных шахтах выдачу на поверхность руды и породы осуществляют скиповым подъемом, который по сравнению с клетевым подъемом позволяет упростить устройство и организацию транспорта в надшахтных зданиях, обеспечить более высокую производительность и полную автоматизацию процесса подъема. При клетевом подъеме в надшахтных зданиях осуществляют прием, разгрузку и отправку в шахту вагонеток с использованием разнообразного оборудования и различных способов их перемещения.

Применяют, в основном, тупиковую и кольцевую схемы самокатной откатки и схему откатки с перестановочными тележками.

При *тупиковой* схеме самокатной откатки (рис. 19.2, а) большинства существующих шахт груженная вагонетка выталкивается из клетки 1 толкателем 2, проходит через открытые стволовые двери 3 и самокатом по наклонным путям 4 (тупиковой горке) перемещается к буферному отбойнику 11, меняет свое направление и скатывается к опрокидывателю 5. После разгрузки вагонетка выталкивается из опрокидывателя толкателем 2 и самокатом поступает на компенсатор высоты 6, поднимается на необходимый уровень, далее по наклонным путям 7 (второй тупиковой горке) перемещается к буферному отбойнику 12, меняет свое направление и подходит к дозирующему стопору 8. От стопора, управляемого дистанционно, вагонетка через автоматический стрелочный перевод поступает к одному из толкателей 2, установленных перед клетями 1. Для ремонта и смазки вагонеток предусмотрен рельсовый путь 9. В надшахтном здании установлен также грузовой лифт 10.

Преимущество тупиковой схемы откатки — размещение в надшахтном здании, имеющем небольшие размеры, недостаток — небольшая производительность.

Применяются схемы самокатной откатки, в которых самокатные горки заменены поворотными платформами.

При *кольцевой* схеме самокатной откатки (рис. 19.2, б) груженная вагонетка выталкивается из клетки 1 толкателем 2, проходит стволовые двери 3 и подходит к дозирующему стопору 8, от которого далее движется самокатом по кольцевым путям 4. Пройдя автоматический стрелочный перевод, вагонетка подходит к одному из опрокидывателей 5, разгружается и далее перемещается самокатом к компенсатору высоты 6, от которого по кольцевым наклонным путям 7 поступает к одному из толкателей 2 клеток 1. На рельсовых путях 9 производят ремонт и смазку вагонеток. Как и при тупиковой схеме, в надшахтном здании предусмотрен грузовой лифт.

Кольцевая схема самокатной откатки занимает большую площадь надшахтного здания, чем тупиковая, однако обеспечивает и значительно большую производительность.

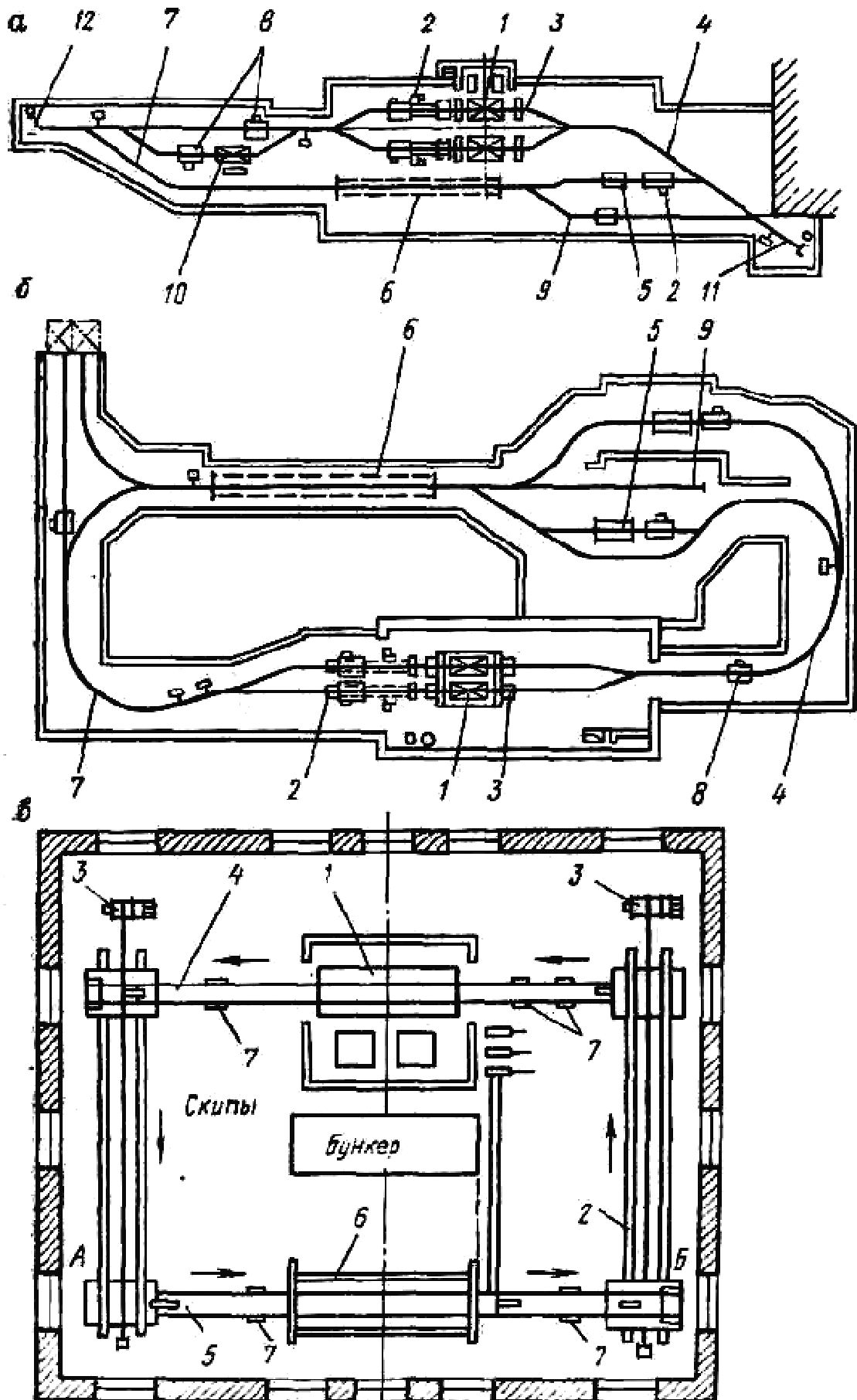


Рис. 19.2. Схемы откатки вагонеток при клетевом подъеме: а — тупиковая; б — кольцевая; в — с передвижными тележками

При схеме откатки с перестановочными тележками (рис. 19.2, в) с обеих сторон от клетки 1 уложены поперечные наклонные пути 2, по которым лебедками 3 перемещаются тележки А и Б. Вагонетка из клетки 1 по самокатному пути 4 поступает на тележку А, которая вместе с вагонеткой движется по рельсовым путям 5. Далее вагонетка с тележки А по наклонным рельсовым путям 5 поступает в опрокидыватель 6, а после разгрузки — к тележке Б, затем вместе с ней поднимается на уровень путей клетки и самокатом поступает в клеть 1. В процессе перемещения вагонеток оператор дистанционно управляет дозирующими стопорами 7, установленными перед клетью, тележками и опрокидывателем.

Применение схемы откатки с передвижными тележками позволяет уменьшить объем строительных работ.

Ввиду малой надежности действия самокатной откатки (остановка вагонеток или сход с рельсов при большой скорости движения) и сложности автоматизации разработаны новые схемы откатки с принудительным движением вагонеток, которые более компактны и в которых возможна автоматизация отдельных операций обмена и откатки вагонеток.

При конвейерном подъеме руды вид оборудования надшахтного здания выбирают в зависимости от вида транспорта, используемого на поверхности шахты. Если на поверхности используют конвейерный транспорт, то руда из надшахтного здания поступает с подъемного конвейера на магистральный. При использовании на поверхности шахты железнодорожного транспорта в надшахтном здании под разгрузочным барабаном подъемного конвейера устанавливают катучий конвейер, с помощью которого руда распределяется по бункерам и загружается в железнодорожные вагоны.

19.3. Погрузочные устройства железнодорожных вагонов

Погрузку полезного ископаемого в железнодорожные вагоны на поверхности шахты осуществляют из бункеров (бункерный способ погрузки) или непосредственно, минуя какие-либо промежуточные емкости (безбункерный способ погрузки).

На рудных шахтах применяют, в основном, бункерный способ погрузки, обеспечивающий возможность приема и аккумуляции руды и исключая жесткую связь работ шахты и железнодорожного транспорта. Недостаток этого способа погрузки — большие капитальные затраты на сооружение бункеров.

Бункер представляет собой выполненную из металла или железобетона аккумулялирующую емкость, в верхней части которой размещена галерея для распределительных конвейеров. Нижняя подбункерная часть оборудована пальцевыми, лотковыми или другими затворами.

По исполнению различают бункера с плоским днищем с центральной (рис. 19.3, а) или с двухсторонней разгрузкой (рис. 19.3, б), с наклонным односкатным (рис. 19.3, в) или двухскатным днищем с боковой разгрузкой (рис. 19.3, г), с двухскатным днищем с боковой и центральной разгрузкой (рис. 19.3, д) и с параболическим днищем (рис. 19.3, е).

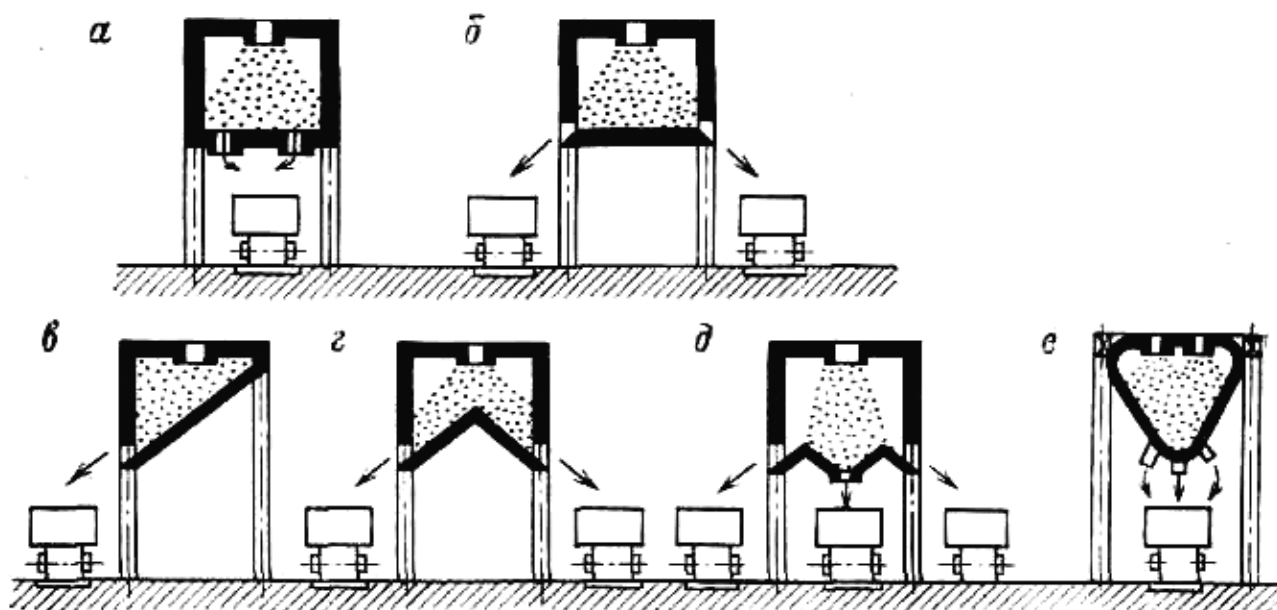


Рис.19.3. Схемы погрузочных бункеров

Бункера с плоским дном имеют большой объем и простую конструкцию, но применяются только для руд, не склонных к самовозгоранию, так как после выгрузки в бункере по сторонам от выходных отверстий может оставаться часть руды.

Бункера с наклонным односкатным, двухскатным и параболическим днищами обеспечивают быструю и полную выгрузку руды, склонной к слеживанию и самовозгоранию.

19.4. Оборудование складов и отвалов

При складировании руды выполняют следующие операции: транспортирование руды на склад (прямая подача), распределение ее по складу, сбор для отправки со склада и транспортирование со склада (обратная подача).

На рудных шахтах создают аварийные (резервные) и технологические склады руды. Аварийные склады, предназначенные для обеспечения нормальной работы технологической цепочки при нарушении работы одного из звеньев транспорта, могут иметь вместимость, равную 3—20-суточному объему добычи шахты. Технологические склады входят в схемы переработки и усреднения руды.

По виду используемого оборудования различают скреперные, грейферные, эстакадные и полубункерные склады.

На скреперном складе, имеющем штабель секторной формы, распределение руды по складу и ее перемещение к приемной воронке производят скреперной установкой. От приемной воронки руда конвейером подается в железнодорожные вагоны. Недостаток скреперных складов — низкая производительность.

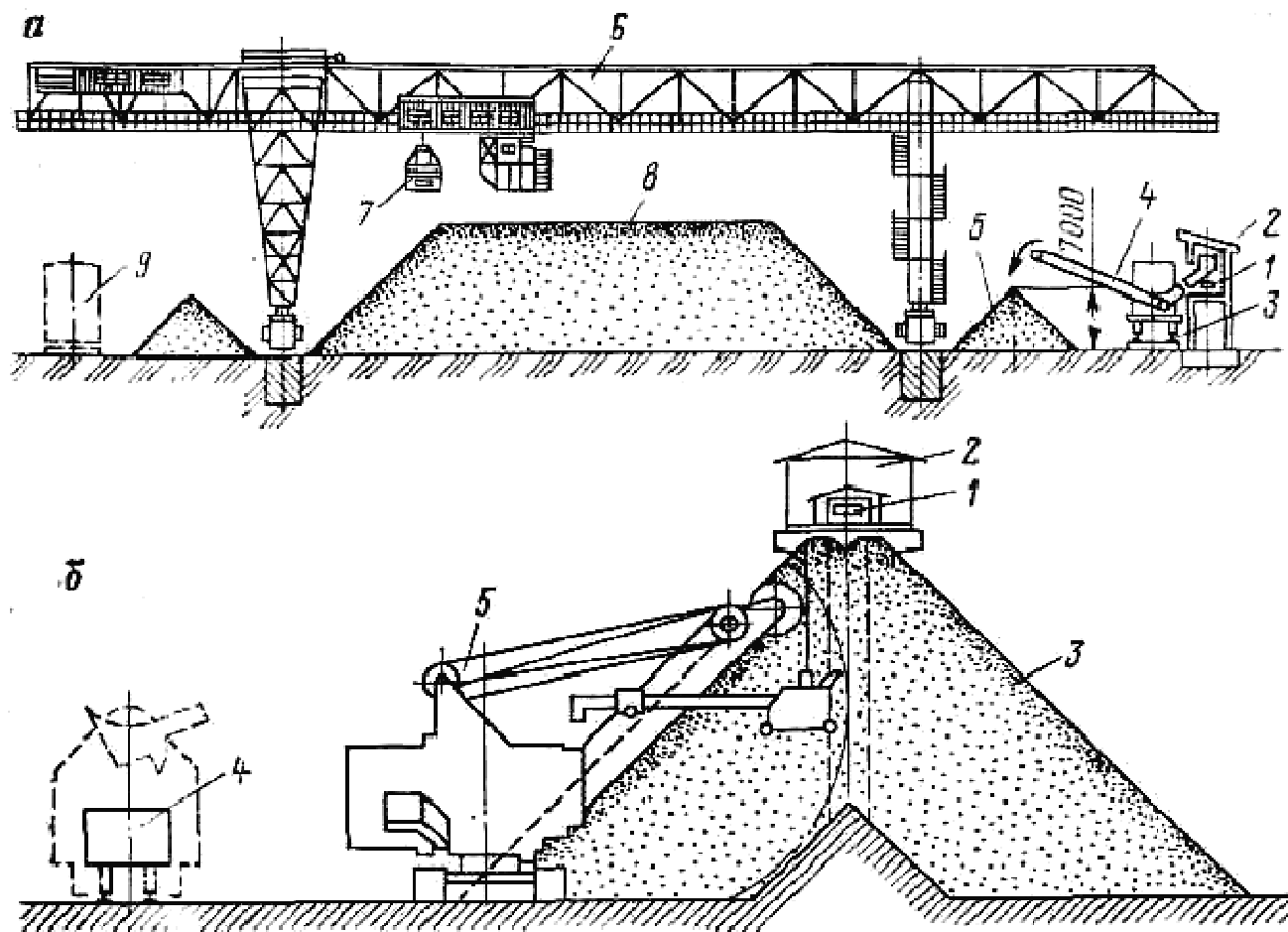


Рис. 19.4. Склады руды: а – грейферные; б – эстакадный

На грейферном складе (рис. 19.4, а) прямую подачу руды производят ленточным конвейером 1, который установлен на эстакаде. Руда с ленточного конвейера 1 поступает в воронку 2 передвижной тележки, перемещающейся по рельсам 3, далее подается конвейером 4 в первичный штабель 5, из которого краном 6 с грейфером 7 распределяется по площадке и складировается в виде штабеля 8. Погрузка руды со склада в железнодорожные вагоны 9 производится этим же грейферным краном.

В последнее время применяют более современные закрытые грейферные склады, выполненные из сборных железобетонных конструкций и оборудованные мостовым краном с грейфером.

На широко используемых эстакадных складах (рис. 19.4, б) прямую подачу руды и ее распределение по складу производят ленточным конвейером 1 с разгрузочной тележкой, установленной на эстакаде 2. Штабель руды 3 формируют вдоль железнодорожного пути. Погрузку руды в железнодорожные вагоны 4 производят экскаваторами 5. Преимущества эстакадных складов — простота конструкции, малая трудоемкость обслуживания, недостаток — ограниченная вместимость.

В полубункерном складе прямую погрузку руды осуществляют ленточным конвейером со сбрасывающей тележкой, а обратную подачу — другим ленточным конвейером, установленным в траншее под складом.

Выдаваемая на поверхность шахты порода транспортируется в отвал, которые по форме отсыпки могут быть плоскими, хребтовыми и коноидальными.

Основной вид транспорта породы в отвал — автомобильный, реже применяют железнодорожный транспорт и подвесные канатные дороги. На обогатительных фабриках для перемещения в отвал хвостов применяют гидротранспорт.

Одной из основных задач горно-добывающей промышленности является создание безотходного производства с последующим использованием пустых пород в качестве строительных, закладочных и других материалов. В этом случае породу складывают на местах ее переработки.

19.5. Транспорт руды от шахты

Транспортирование руды от шахты до обогатительной фабрики или других предприятий производят, в основном, железнодорожным, реже конвейерным или автомобильным транспортом (см. разд. II, III), а также подвесными канатными дорогами.

Подвесные канатные дороги применяются в гористой или сильно пересеченной местности для транспортирования руды: на расстояние 2—10 км, а также для доставки людей от поселка до шахты.

Основными преимуществами подвесных канатных дорог являются малая зависимость их работы от рельефа местности, возможность проведения трассы по кратчайшему расстоянию и подъема грузов на значительную высоту, высокая степень механизации и автоматизации. В определенных условиях эксплуатации они конкурентоспособны с автомобильным и железнодорожным транспортом. Недостатки подвесных канатных дорог — неустойчивая работа при сильном ветре и обледенение вагонеток в зимнее время.

В горно-добывающей промышленности получили распространение двухканатные подвесные дороги, в основном, с кольцевым движением вагонеток, реже с маятниковым движением для транспортирования породы в отвал.

На отечественных горно-рудных шахтах находится в эксплуатации большое число разнообразных конструкций подвесных канатных дорог.

Рассмотрим схему двухканатной подвесной дороги с кольцевым движением вагонеток (рис. 19.5). В дороге этого типа вагонетки 1 перемещаются по несущему канату 2 с помощью бесконечного тягового каната 3, сцепляемого и расцепляемого с вагонетками с помощью сцепных устройств, расположенных на вагонетках. Тяговый канат 3 приводится в движение от привода 4. Несущие канаты 2 грузовой и порожней ветвей с одной стороны закреплены в якорях 5, а с другой — снабжены натяжными грузами 6. По трассе дороги канаты 2 поддерживаются линейными опорами 7.

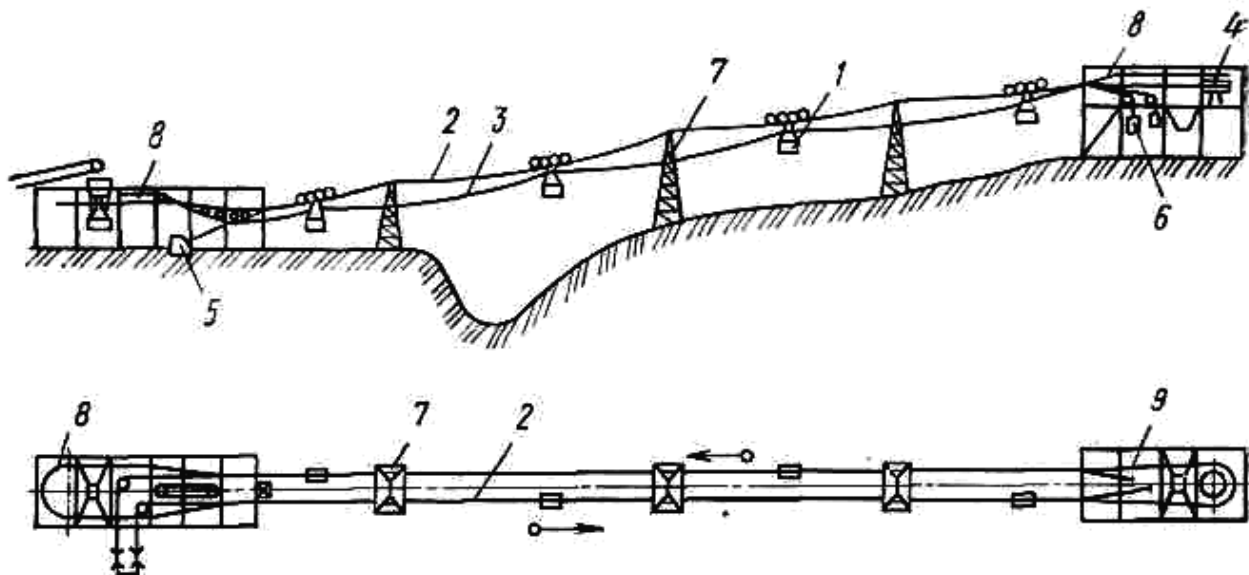


Рис. 19.5. Схема двухканатной подвесной дороги с кольцевым движением вагонеток

На погрузочной станции 8 вагонетка автоматически отключается от тягового каната и с несущего каната порожней ветви переходит на жесткий рельс, где останавливается и загружается рудой. Затем вагонетка толкающим конвейером перемещается с жесткого рельса на несущий канат грузовой ветви, где автоматически подключается к тяговому канату и перемещается по несущему канату к разгрузочной станции 9.

На разгрузочной станции вагонетка переходит с каната на рельс, отключается от тягового каната, разгружается и вновь, как и на погрузочной станции, выходит на линию дороги.

Максимальная длина одного приводного участка может достигать 10—12 км, а длина канатной дороги, состоящей из ряда последовательных приводных участков, — 80÷100 км. Производительность канатной дороги обычно составляет 100—400 т/ч, скорость перемещения вагонеток 1,6—3,5 м/с, расстояние на трассе между вагонетками 80—150 м.

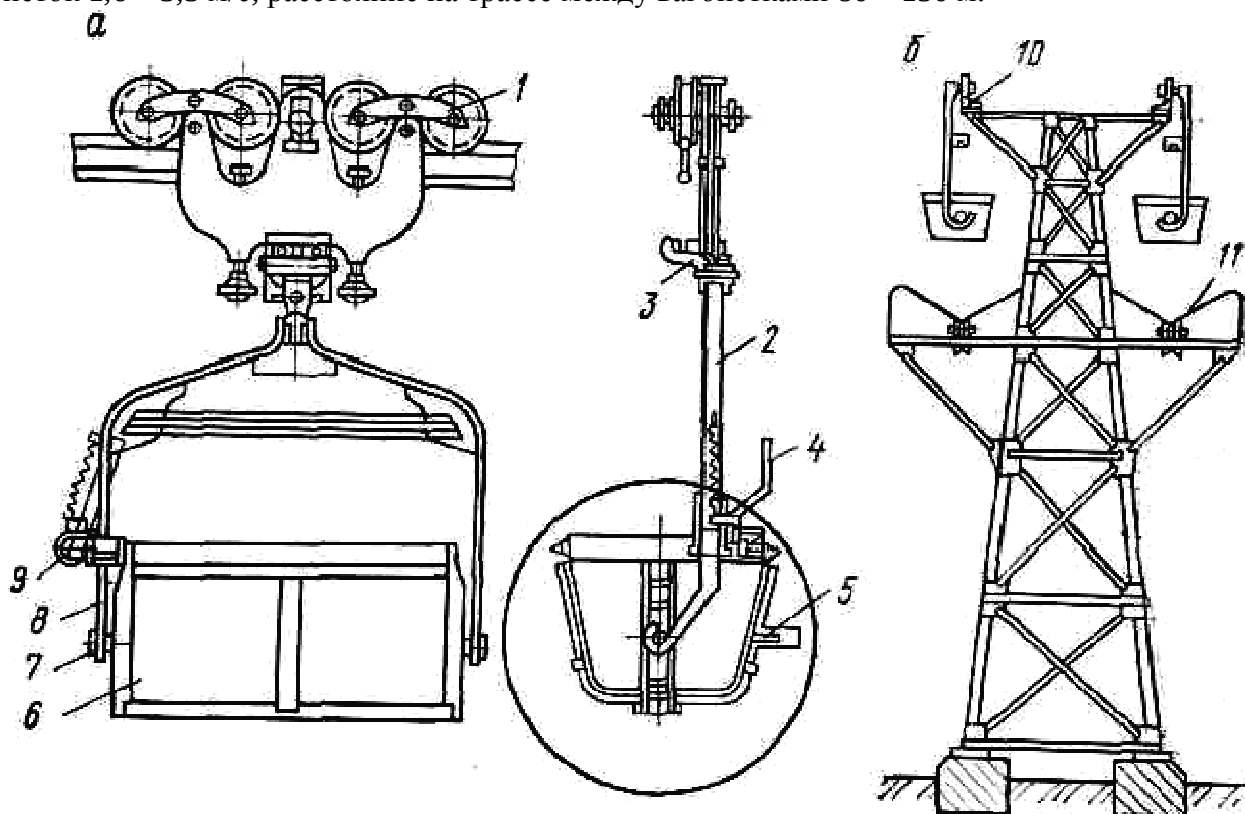


Рис. 19.6. Оборудование двухканатной подвесной дороги: а — вагонетка; б — линейная опора

Вагонетка кольцевой канатной дороги (рис. 19.6, а) состоит из ходовой тележки 1, подвески 2 и кузова 6. Тяговый канат присоединяется к вагонетке с помощью сцепного прибора 3. На торцовых стенках опрокидного кузова 6 закреплены цапфы 7, которыми кузов удерживается на крюках 8 подвески 2 и в нормальном положении фиксируется от опрокидывания пружинной

защелкой 4, представляющей собой двуплечий поворотный рычаг, одно плечо которого при фиксированном положении кузова входит в вырез запорной планки 9, а другое плечо, взаимодействующее с аншлагом в отвальном пролете, служит для освобождения кузова. При освобождении защелки груженого кузова происходит его опрокидывание, так как ось цапфы 7 закреплена эксцентрично по отношению к центру тяжести кузова, и его центр тяжести располагается выше оси вращения. Для возврата кузова в исходное положение на нем закреплён палец 5, который входит в спиральную направляющую, установленную на погрузочной станции. Вагонетка возвращается на погрузочную станцию с опрокинутым кузовом. При ее движении по жесткому рельсу кузов, перемещаясь винтообразно, возвращается в исходное положение и фиксируется защелкой.

Вместимость кузовов вагонеток эксплуатируемых канатных дорог составляет 0,5—2 м³, грузоподъемность 1—3 т.

Несущие и тяговые канаты по трассе дороги поддерживаются опорами (рис. 19.6, б), на которых закреплены башмаки 10 для поддержания несущих канатов и опорные ролики 11 для тягового каната.

Производительность (т/ч) канатной подвесной дороги с кольцевым движением вагонеток

$$Q = 3,6 \frac{V_{\text{в}} g k_3}{l} u,$$

где $V_{\text{в}}$ — вместимость кузова вагонетки, м³; γ — плотность транспортируемой горной массы, кг/м³; $k_3 = 0,85 \div 0,9$ — коэффициент заполнения; l — расстояние между вагонетками, м; u — скорость движения вагонеток, м/с.

Вопросы для самопроверки

1. Назовите основные схемы обмена вагонеток на поверхности шахты и укажите их преимущества и недостатки.
2. Дайте характеристику транспортному оборудованию складов и от валов.
3. Начертите принципиальную схему двухканатной подвесной дороги и объясните принцип ее действия.

VI. КАРЬЕРНЫЙ ТРАНСПОРТ

20. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О КАРЬЕРНОМ ТРАНСПОРТЕ

20.1. Виды карьерного транспорта

В Советском Союзе около 75% от общего объема минерального сырья, потребляемого народным хозяйством, добывается открытым способом. Открытый способ разработки месторождений полезных ископаемых при определенных горно-технических условиях по сравнению с подземным обеспечивает более высокую производительность труда, снижение себестоимости добычи и сокращение удельных капитальных вложений.

Недостатками открытого способа являются зависимость эксплуатации от климатических и метеорологических условий, необходимость отвода значительных земельных площадей и выполнения большого объема рекультивационных работ после отработки карьеров.

Добыча открытым способом эффективна при разработке мощных залежей с такой глубиной залегания и при таких горно-технических условиях, когда приведенные затраты на добычу 1 т полезного ископаемого открытым способом меньше, чем подземным.

В отечественной горно-рудной промышленности около $\frac{2}{3}$ общего объема добычи руд цветных металлов и $\frac{3}{4}$ объема добычи железной руды и руд горно-химического сырья приходится на долю открытого способа. Кроме этого открытым способом разрабатывают почти все нерудные строительные материалы. При таких масштабах добычных работ особое значение придается карьерному транспорту, которым ежегодно перевозится около 10 млрд. т различных видов минерального сырья и пустых пород на отечественных карьерах. Транспортные затраты в общей себестоимости добычи полезного ископаемого открытым способом составляют в зависимости от глубины карьера 50—60%. Доля трудящихся, занятых на процессе транспортирования, составляет около 50—55% от всех трудящихся, занятых в карьерах.

Основным направлением развития открытых горных работ в СССР является создание крупных карьеров большой производительности, а это влечет за собой необходимость ведения работ на больших глубинах. В настоящее время около 80% руд черных и цветных металлов добывают в карьерах глубиной 150—300 м и более, производительность отдельных ГОКов достигает 35—45 млн. т руды в год. Проектная глубина некоторых железорудных карьеров составляет 400—600 м, производительность — 60 млн. т и более. При таких глубинах и производительности усложняются условия разработки, увеличиваются расстояния транспортирования (до 15—20 км) и резко возрастают объемы перевозок.

Основными видами карьерного транспорта являются железнодорожный и автомобильный. На карьерах по добыче черных и цветных металлов ими перевозится более 95% добываемой горной массы, причем доля автомобильного транспорта постоянно увеличивается. Все более широкое распространение получает карьерный конвейерный транспорт. В определенных условиях эксплуатации применяют гидротранспорт, скиповые подъемники, колесные скреперы, канатные подвесные дороги, транспорт по рудоспускам.

В перспективе основными видами карьерного транспорта будут автомобильный, железнодорожный и конвейерный, а также комбинации этих видов — автомобильно-железнодорожный и автомобильно-конвейерный.

20.2. Области применения карьерного транспорта

Основные факторы, определяющие выбор вида транспорта — производственная мощность карьера по горной массе, расстояние транспортирования, условия залегания месторождения и глубина карьера, а также характеристика транспортируемой горной массы, срок существования карьера, тип погрузочного оборудования, природно-климатические условия и др.

Железнодорожный транспорт обладает такими основными преимуществами как высокая производительность и небольшой расход энергии, высокая прочность и надежность подвижного состава, несущественное влияние климатических условий в процессе его эксплуатации. К недостаткам железнодорожного транспорта относятся небольшие преодолеваемые уклоны в грузовом направлении (до 60‰), большие радиусы закруглений, значительные затраты на передвижку временных путей на уступах и отвалах.

Область применения железнодорожного транспорта — карьеры средней и большой производственной мощности (10—100 млн. т горной массы в год) по разработке обширных по

площади месторождений горизонтального и наклонного залегания или мощных крутопадающих залежей. Этим видом транспорта перевозят мягкие, рыхлые или скальные крупнокусковые грузы на расстояние от 3 до 8 км, иногда до 10—12 км. Железнодорожный транспорт применяют обычно в карьерах глубиной до 150 м при значительных размерах карьера в плане (до 250—300 м).

Основными преимуществами автомобильного транспорта по сравнению с железнодорожным являются способность преодолевать значительные уклоны (до 80—100‰), высокая маневренность, небольшие радиусы поворота, отсутствие трудоемких работ по передвижке путей и контактной сети, увеличение производительности экскаваторов за счет сокращения их простоев в ожидании погрузки. Недостатки автомобильного транспорта: относительно высокая стоимость перевозок, зависимость работы от климатических условий, сложность организации ремонтного хозяйства.

Автомобильный транспорт применяют в карьерах при разработке месторождений на большой глубине или со сложными условиями залегания, при которых затруднена укладка железнодорожных путей, а также при быстром продвижении фронта работ. Наиболее часто его используют при разработке маломощных пластов горизонтального залегания, крутопадающих месторождений, при селективной выемке полезных ископаемых. Рациональная длина транспортирования — до 4—5 км. Автомобильный транспорт эффективен на карьерах малой и средней мощности (до 10 млн. т горной массы в год), а при использовании современных большегрузных самосвалов автотранспорт оказывается сравнительно экономичным и на более мощных карьерах.

Для карьерного конвейерного транспорта характерны те же основные преимущества и недостатки, что и для подземного конвейерного транспорта, добавляется лишь зависимость работы конвейеров от климатических условий. Благодаря возможности доставки конвейерами под углом до 18° (320‰) можно значительно сократить длину транспортирования из карьера (по сравнению с железнодорожным и автомобильным транспортом).

Конвейерный транспорт применяют, в основном, в карьерах большой производственной мощности (свыше 20 млн. т в год) и при большой глубине (свыше 150 м) для транспортирования мягких вскрышных пород в комплексе с мощными роторными экскаваторами. Расстояние транспортирования — до 2—3 км, иногда — до 10—20 км. Конвейеры начинают широко применять для транспортирования крепких абразивных пород и руд, но с обязательным предварительным дроблением их до максимальной крупности 200—400 мм. Проходят промышленные испытания специальные конвейеры, обеспечивающие транспортирование крупнокусовой рядовой горной массы.

С увеличением глубины карьеров и их производственной мощности оказывается целесообразными комбинации нескольких видов транспорта, позволяющие эффективно использовать отдельные виды транспорта с наиболее высокими технико-экономическими показателями.

21. ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ТРАНСПОРТ

21.1. Рельсовые пути

Карьерные рельсовые пути принципиально аналогичны рельсовым путям, укладываемым в подземных выработках. По назначению и расположению карьерные рельсовые пути разделяются на временные, периодически перемещаемые на уступах и отвалах по мере развития фронта работ, и постоянные, укладываемые на длительный срок службы в капитальных траншеях, и на поверхности карьера.

На большинстве отечественных карьеров применяют рельсовый путь широкой колеи 1520 (1524) мм и редко — узкой колеи 750 мм (для карьеров мощностью не более 2—3 млн. т в год).

Тип рельсов выбирают в зависимости от грузонапряженности путей (млн. т-км/в год брутто), давления подвижного состава на рельсы (нагрузки на ось), скорости движения и др. Для широкой колеи применяют рельсы Р43, Р50, Р60 и Р75, длины отрезков рельсов 12,5 и 25 м. Для узкой колеи используют Р24 и Р33.

Верхнее строение рельсового пути располагают на земляном полотне, поперечный профиль которого сооружают в виде насыпей, полунасыпей, выемок (выемками для карьерных условий являются выездные траншеи). Уклон рельсового пути не должен превышать допустимых пределов. Наибольший руководящий уклон имеют рельсовые пути, уложенные в капитальной траншее. Руководящий уклон для тепловозной тяги составляет 25‰, для электровозной — 40÷60‰, для моторвагонной — 80‰. Минимальный радиус закруглений рельсовых путей в плане на стационарных путях широкой колеи не должен превышать 200 м, на передвижных путях для электровозов — 80÷100 м, для тепловозов — 150 м. На кривых участках пути колею уширяют, наружный рельс укладывают с некоторым превышением над внутренним: для широкой колеи максимальное превышение составляет 150 мм, для узкой — 40 мм.

Путевые работы на карьерах включают укладку рельсового пути, переукладку временных путей (до 6 раз в год и более) вслед за подвиганием фронта горных работ, текущее содержание и ремонт. Наиболее трудоемким процессом является переукладка временных путей, осуществляемая переноской или передвижкой рельсо-шпальной решетки.

21.2. Подвижной состав железнодорожного транспорта

На рудных карьерах для доставки материалов и оборудования применяют думпкары, гондолы, хопперы и грузовые платформы.

Наиболее распространенным типом вагона для транспортирования руды и породы является думпкар (рис. 21.1), 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.

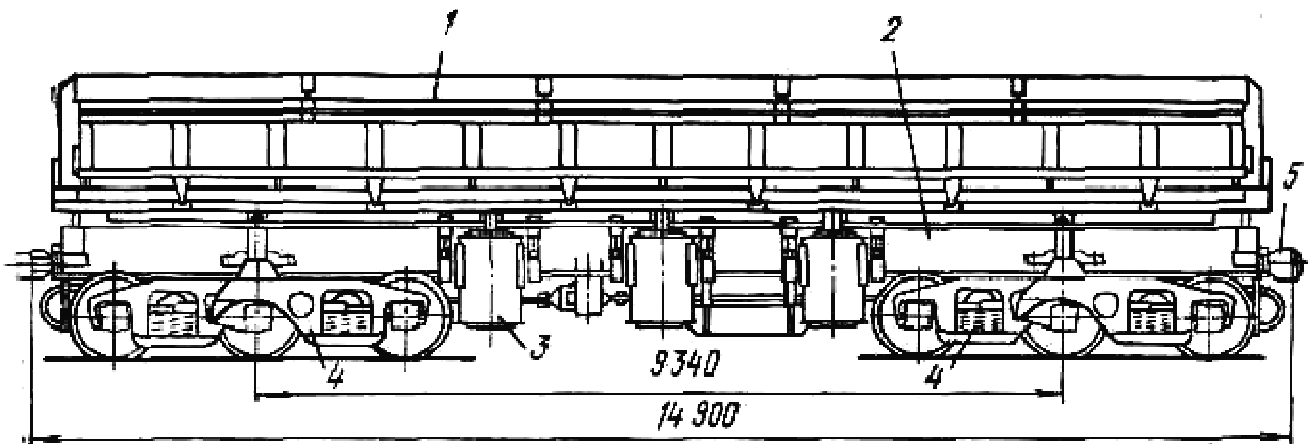


Рис. 21.1. Думпкар грузоподъемностью 105 т: 1 — кузов; 2 — рама; 3 — цилиндр опрокидывания кузова; 4 — ходовая тележка; 5 — авто-сцепка

Полувагон-гондола имеет вертикальные стенки и горизонтальный пол с откидывающимися вниз люками, которые при открывании запорного механизма образуют две наклонные плоскости. По ним горная масса выгружается по обе стороны рельсового пути. Грузоподъемность гондол 63, 94 и 125 т.

На рудных карьерах в качестве локомотивов применяют, в основном, электровозы и тепловозы.

Наиболее прогрессивной является электровозная тяга, позволяющая повысить в 2—3 раза полезную массу поездов, снизить в 1,5—2 раза себестоимость транспортирования, преодолевать подъемы до 45—80‰. Недостаток электровозной тяги — необходимость устройства контактной сети, перемещаемой вместе с временными рельсовыми путями.

Электровозный транспорт питается от сети постоянного тока напряжением 1500 и 3000 В и однофазного переменного тока промышленной частоты напряжением 10 кВ.

Контактную сеть электровозного транспорта на стационарных рельсовых путях монтируют на металлических или железобетонных опорах, а на временных путях — на металлических бесфундаментных опорах, связанных с рельсовым путем и перемещаемых совместно с ним, и на деревянных отдельно стоящих опорах. Контактный провод временных рельсовых путей подвешивают сбоку, чтобы не затруднять загрузку вагонов экскаватором.

На отечественных рудных карьерах применяют электровозы и тяговые агрегаты, состоящие из нескольких электровозных секций и моторных думпкаров. Сцепной вес современных контактных электровозов 1500—1800 кН, тяговых агрегатов — до 3600 кН, мощность соответственно 2000—2500 кВт и 6500 кВт.

Кроме контактных электровозов существуют контактно-дизельные и контактно-аккумуляторные электровозы, однако в отечественной практике применяют только контактно-дизельные электровозы, которые на постоянных путях питаются от контактной сети, а на временных путях перемещаются с помощью дизельного двигателя.

Разновидностью подвижного состава электровозной тяги являются моторные думпкары, оборудованные тяговыми двигателями, управление которыми осуществляется из кабины электровоза. Благодаря применению моторных думпкаров (обычно 1 или 2 в составе) и одно- или двухсекционного электровоза увеличивается общий сцепной вес тягового агрегата за счет находящегося в думпкарах транспортируемого груза, появляется возможность повышения уклонов путей выездных траншей до 60—80‰ и грузоподъемности состава. Грузоподъемность современных моторных думпкаров составляет 45—55 т.

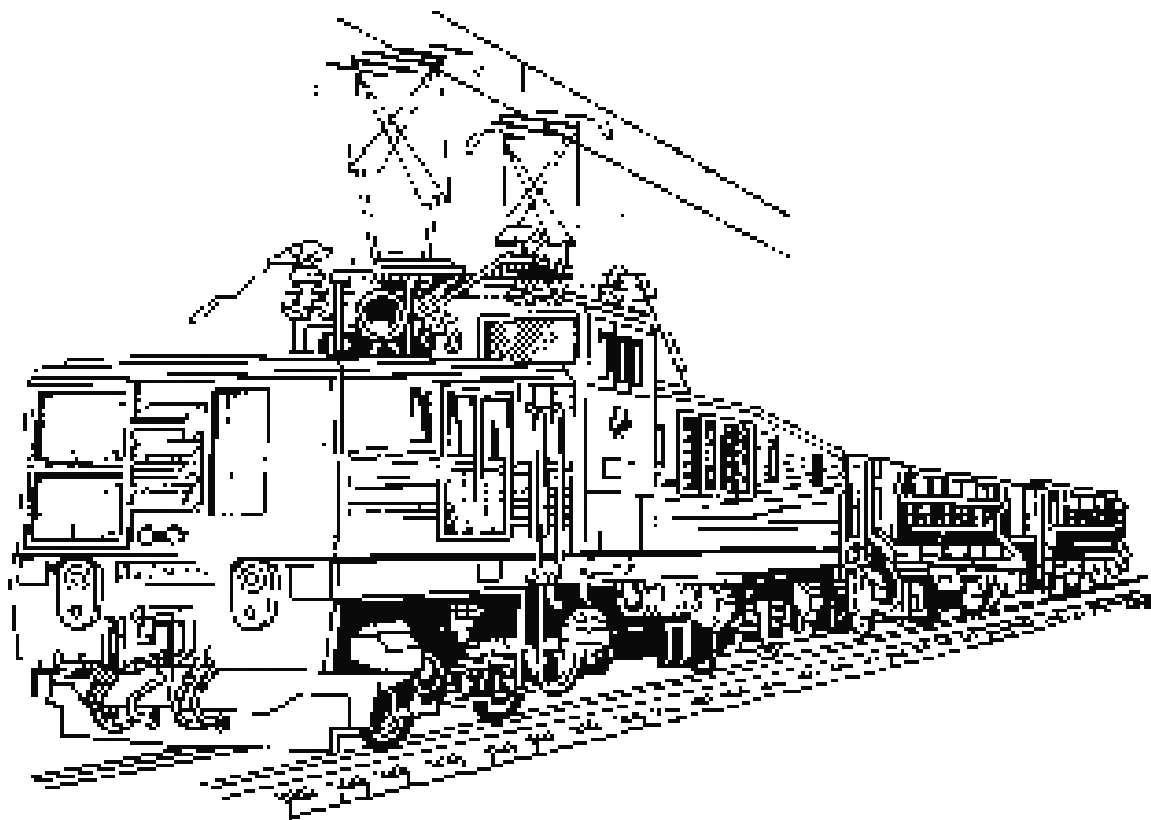


Рис. 21.2. Тяговый агрегат ПЭ2М

Наиболее распространенный на рудных карьерах тяговый агрегат постоянного тока типа ПЭ2М (рис. 21.2) включает в себя электровоз и два моторных думпкара с общим сцепным весом 3680 кН. Суммарная мощность двигателей 5190 кВт.

21.3. Организация работы железнодорожного транспорта в карьере

Организация работ и схемы путевого развития в забое на уступе зависят от числа работающих экскаваторов. При использовании на уступе одного экскаватора применяют следующие схемы забойных путей: однопутную с разъездом в начале пути, используемую при небольшой протяженности путей (рис. 21.3, а); однопутную с переносным тупиком, позволяющую производить обмен составов непосредственно на уступе (рис. 21.3, б); однопутную с переносным разъездом, позволяющую сократить простои экскаваторов (рис. 21.3, в); двухпутную со съездами, при которой взамен разъезда на уступе укладывают два рельсовых пути (рис. 21.3, г).

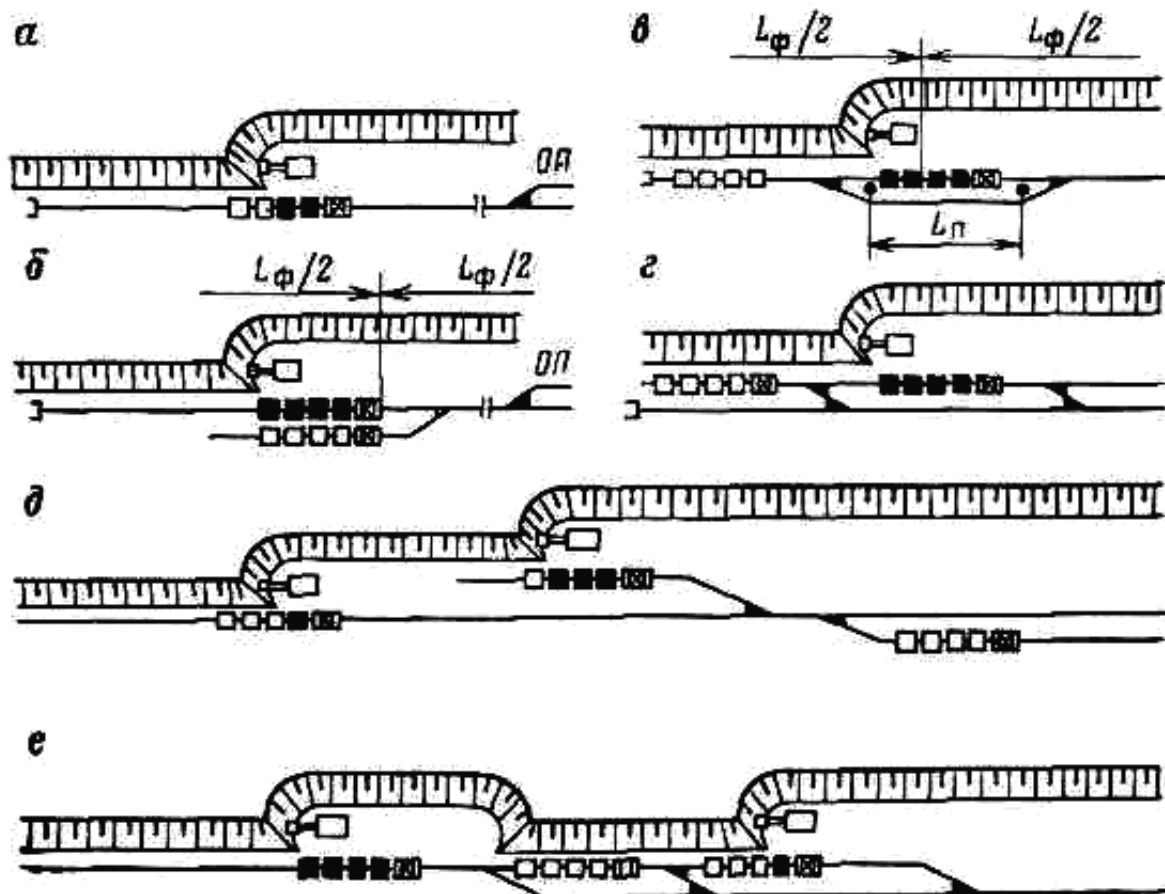


Рис. 21.3. Схемы забойных рельсовых путей

При работе на уступе двух экскаваторов применяют однопутную схему с тупиками для каждого экскаватора (рис. 21.3, д) и двухпутную со съездами (рис. 21.3, е).

На отвалах применяют, как правило, однопутную тупиковую или кольцевую схему рельсовых путей. Разминовку устраивают в пунктах примыкания отвальных путей к главным.

Организация движения поездов по вывозу руды и вскрышной породы осуществляется по графикам, которыми руководствуется диспетчер карьера. Диспетчер в процессе работы поддерживает постоянную телефонную или радиосвязь с локомотивными и экскаваторными бригадами.

Графики движения карьерных поездов в принципе аналогичны графикам движения шахтных поездов (см. 10.6). Если имеются несколько погрузочных пунктов, то графики строят в зависимости от формы обслуживания экскаватора (прикрепленными или обозначенными поездами).

Для регулирования движения поездов и увеличения пропускной способности железнодорожного транспорта применяют полуавтоматическую блокировку и автоблокировку. При полуавтоматической блокировке переключение сигналов светофоров производят на расстоянии из помещения дежурного по станции. Проходящий поезд, нажимая на педаль датчика, закрывает сигнал светофора.

22. АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ

22.1. Автомобильные дороги

В зависимости от срока службы карьерные автодороги подразделяются на временные, располагаемые на рабочих уступах, отвалах и скользящих съездах, и постоянные со сроком службы не менее 1—2 лет, устраиваемые в капитальных траншеях и на поверхности.

В соответствии с показателями грузонапряженности (количеством груза в тоннах, перевозимого по участку дороги в единицу времени) или интенсивности движения (количеством транспортных средств, проходящих через дорогу в единицу времени) постоянные дороги разделяют на три категории с регламентированными максимальными скоростями движения, шириной проезжей части и другими параметрами. Допустимая скорость движения на постоянных дорогах 25—50 км/ч, на временных — до 15 км/ч.

Проезжую часть дороги, воспринимающую основные нагрузки от подвижного состава, оборудуют дорожным покрытием. Ширину проезжей части выбирают в зависимости от размеров подвижного состава, скорости движения и числа полос движения. Возможно встречное движение по одной полосе, встречное по двум полосам (одна грузовая, другая порожняковая) и кольцевое движение по одной полосе. Ширина проезжей части постоянных дорог при двухполосном движении для автосамосвалов грузоподъемностью 27—75 т может составлять 12—20 м, временных дорог — 10,5÷13,5 м.

Проезжую часть дороги с целью отвода воды выполняют односкатной или двускатной, а на поворотах — уширяют на 10%. На кривых с радиусом менее 200 м устраивают виражи путем придания проезжей части односкатного профиля с уклоном 20—60‰ к центру кривой.

Тип дорожного покрытия выбирают с учетом объемов перевозок и интенсивности движения, грузоподъемности подвижного состава, срока службы дороги, наличия местных строительных материалов.

Дорожное покрытие может состоять из одного верхнего или двух — верхнего и нижнего — слоев. Верхний слой должен быть ровным, износоустойчивым и обладать определенной шероховатостью для обеспечения надежного сцепления колес подвижного состава с дорожным покрытием. Нижний слой, обеспечивающий прочность, располагают на дорожном основании, материалом для которого служат крепкие вскрышные породы. Если дорожное основание представлено песчаниками, известняками или другими крепкими породами, то покрытие выполняют только из одного верхнего слоя.

Оптимальный уклон автодороги выбирают на основании технико-экономического анализа для конкретных горно-технических условий с учетом тягового усилия машины и безопасности движения. Для автосамосвалов величина руководящего уклона составляет 70—90‰. При увеличении уклонов возможно уменьшение объема горно-подготовительных работ и сокращение времени рейса, однако это ведет к повышенному износу ходовой части шин и снижению скорости движения. Уклоны в порожняковом направлении могут достигать 120—150‰.

Содержание и ремонт автодорог обеспечивает специальная дорожная служба, которая осуществляет работы по очистке дорожного покрытия от грязи, снега, ведет борьбу с гололедицей и пылеобразованием, производит текущие и капитальные ремонты дороги.

22.2. Подвижной состав

На отечественных и зарубежных карьерах наибольшее распространение получили автосамосвалы с кузовом, разгружающимся опрокидыванием назад (рис. 22.1, а), и полуприцепы с разгрузкой назад, набок или через дно (рис. 22.1, б, в).

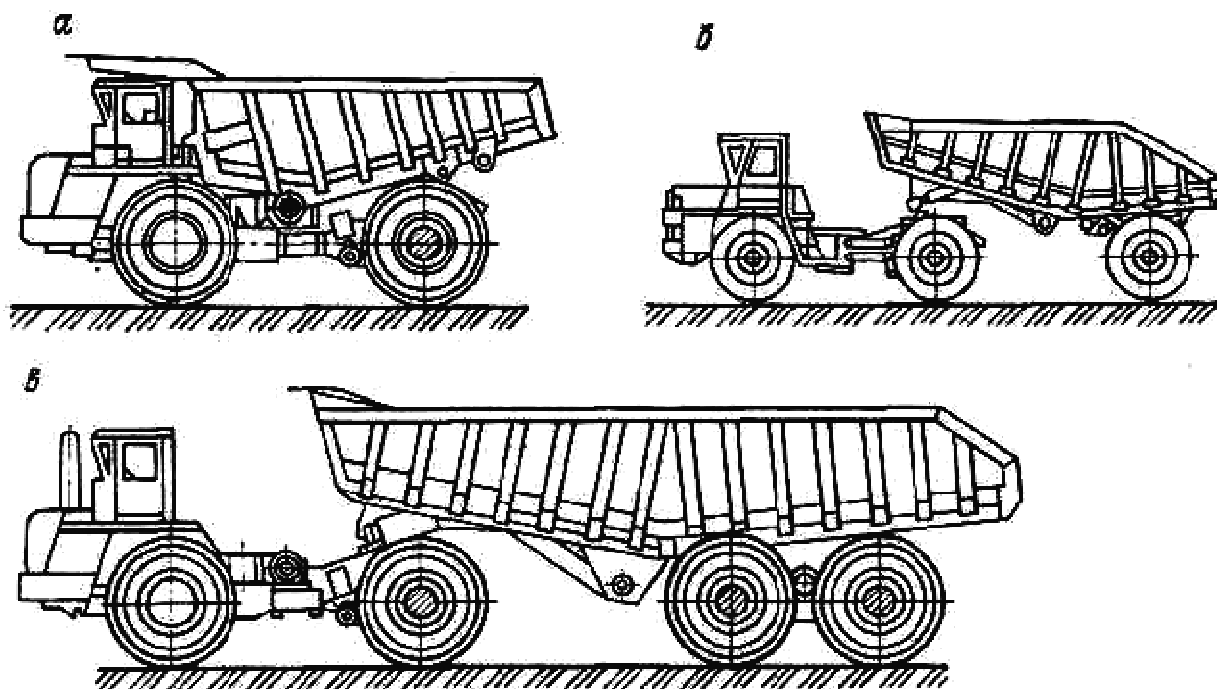


Рис. 22.1. Подвижной состав карьерного автотранспорта: а — автосамосвал; б, в — полуприцепы с разгрузкой назад

Грузоподъемность применяемых карьерных самосвалов 12— 180 т. С увеличением грузоподъемности повышается производительность автотранспорта, упрощается организация движения, снижаются эксплуатационные расходы. Применяемые автосамосвалы характеризуются высокой прочностью кузова, рамы и подвески, допускающие погрузку экскаваторами крупнокусковой скальной горной массы и небольшие радиусы поворота (до 8,5—9,5 м). Кроме этого они отличаются высокой удельной мощностью — порядка 5,2—7 кВт на 1 т брутто машины.

Отечественная промышленность выпускает карьерные автосамосвалы КрАЗ-256Б, БелАЗ-540, БелАЗ-48, БелАЗ-549, БелАЗ-7519 и БелАЗ-7521 грузоподъемностью соответственно 12, 30, 45, 86, 110 и 180 т, с дизельными двигателями мощностью соответственно 175, 275, 365, 770, 955 и 1690 кВт.

Автосамосвал типа КрАЗ применяют в карьерах небольшой производительности. Он может работать с экскаватором с ковшом вместимостью до 3 м³. Колесная формула самосвала 6×4.

Автосамосвалы типа БелАЗ-540 и БелАЗ-548 созданы на основе максимальной унификации агрегатов, имеют колесную формулу 4×2, оборудованы гидромеханической трансмиссией, пневмогидравлической подвеской, гидравлическим усилителем рулевого механизма и пневматическими колодочными тормозами. Кузов имеет V-образную форму, благодаря которой обеспечивается снижение центра тяжести и высоты машины. Для предотвращения примерзания увлажненной горной массы кузов оснащен двойным днищем и каналами для прохождения отработавших газов, которыми обогреваются внутренние стенки и днище кузова.

На автосамосвалах БелАЗ-549, БелАЗ-7519 и БелАЗ-7521 применяется электромеханическая трансмиссия с электроприводом задних ведущих колес, что обеспечивает высокий КПД, простоту управления и автоматическое регулирование нагрузки на ведущие колеса в соответствии с величиной сопротивления движению.

Электромеханическая трансмиссия включает в себя генератор постоянного тока, вращаемый от дизеля, и ведущие мотор-колеса. В мотор-колесо встроены тяговый электродвигатель, редуктор и тормозное устройство. Такая конструкция ведущих колес обеспечивает плавную передачу тягового усилия и регулирование скорости движения в широком диапазоне.

Кроме автосамосвалов с ведущими мотор-колесами разработаны другие средства автотранспорта с использованием электромеханической трансмиссии: троллейвозы-самосвалы с тяговыми электродвигателями, получающими питание от двухпроводной контактной сети; дизель-троллейвозы, которые в карьере и на отвалах перемещаются от дизель-электрической установки, а на подъемах и на поверхности — от контактной сети. Дизель-троллейвозы двойного питания развивают высокую скорость при питании от контактной сети, допускают рекуперацию энергии

при движении под уклон, однако масса и стоимость дизель-троллейбусов на 15—20% выше, чем дизельных автосамосвалов.

Полуприцепы, разработанные для транспортирования скальной горной массы, состоят из седельного тягача и одно- или многоосного полуприцепа с задней разгрузкой (см. рис. 22.1, б, в). На базе автомобилей типа БелАЗ созданы полуприцепы грузоподъемностью 40, 65 и 120 т (два последних снабжены моторизованными ведущими колесами с встроенными электродвигателями). Преимущество полуприцепов — их большая грузоподъемность, недостатки — низкая маневренность, меньшая удельная мощность, чем у автосамосвалов.

Основным направлением отечественного и зарубежного автостроения является создание карьерных автосамосвалов большой и особо большой грузоподъемности с электромеханической трансмиссией.

За рубежом карьерные автосамосвалы грузоподъемностью от 25 до 318 т выпускают фирмы «Вабко», «Юнит Риг», «Тереке» (США), «Комацу» (Япония) и др.

22.3. Организация работы автотранспорта

В зависимости от способа вскрытия месторождения и горнотехнических условий разработки связь рабочих горизонтов карьера с поверхностным комплексом и расположение автодорог в плане осуществляют по схемам прямых, спиральных и петлевых съездов. Прямые съезды применяют в карьерах небольшой глубины, спиральные, допускающие большие радиусы закруглений, в карьерах большой глубины с ограниченными размерами в плане. Петлевые съезды, соединенные с закруглениями или серпантинами, рациональны при значительной глубине карьера или при разработке на склоне горы, где невозможно преодолеть подъемы прямыми съездами. На многих карьерах используют комбинированные съезды с переходом спиральной формы дороги в петлевую.

Для повышения коэффициента использования и производительности автотранспорта большое значение имеют правильная организация подъезда и установка машин в забое у экскаватора, обеспечивающие непрерывность подачи и сокращение времени маневров машин.

Применяют подъезды: сквозные (рис. 22.2, а) — при одностороннем движении машин; с петлевым разворотом (рис. 22.2, б) — при встречном движении и достаточной площади рабочих уступов; с тупиковыми разворотами (рис. 22.2, в) — в стесненных условиях (например, при проведении траншей).

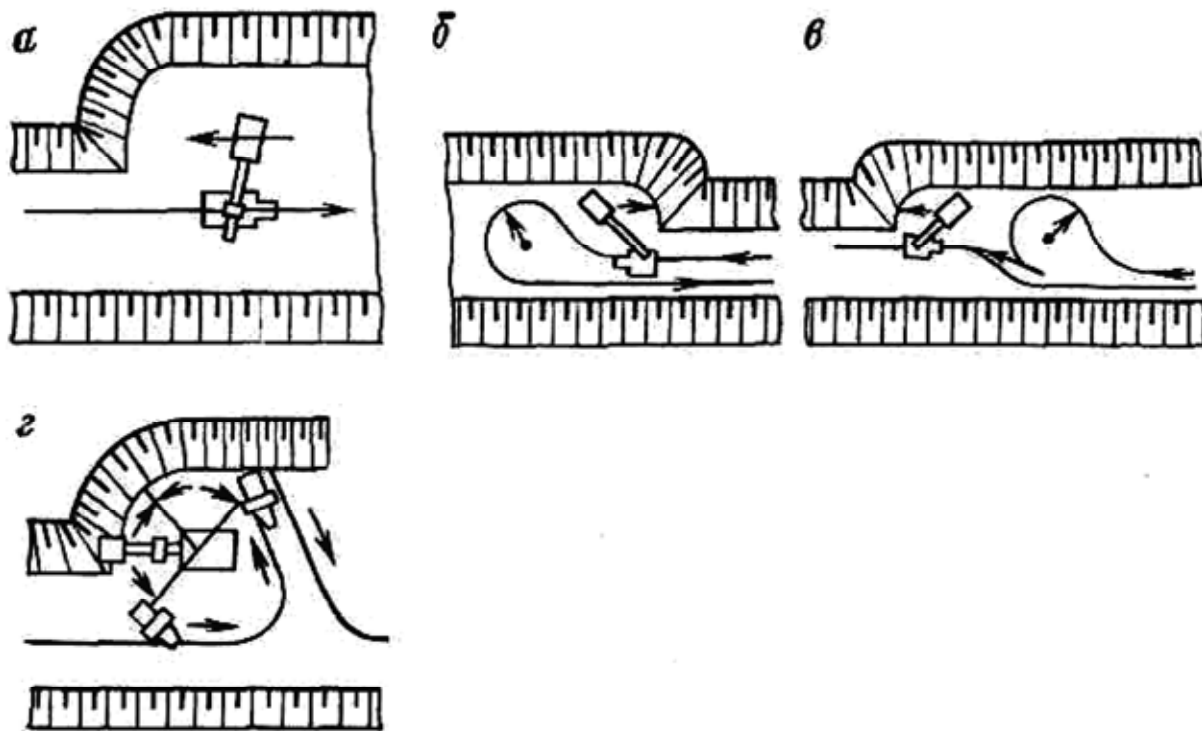


Рис. 22.2. Схемы подъездов автосамосвалов к экскаватору.

Возможна одиночная или групповая (спаренная) установка машин в забое под погрузкой. При спаренной установке машин с одной или с двух сторон от экскаватора (рис. 22.2, з) обеспечивается его непрерывная работа и повышается производительность автотранспорта.

23. КОНВЕЙЕРНЫЙ ТРАНСПОРТ

23.1. 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.

Преимущественное распространение на карьерах получили ленточные конвейеры, обеспечивающие высокую производительность и большую длину транспортирования, характеризующиеся относительно малой энергоемкостью.

Кроме ленточных в определенных условиях эксплуатации применяют ленточно-канатные конвейеры, внедряют крутонаклонные конвейеры, а также ленточно-тележечные конвейеры, обеспечивающие транспортирование крупнокусовых скальных грузов без предварительного дробления.

В состав карьерного 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.

В схеме конвейерного транспорта при разработке роторными экскаваторами вскрышных пород двумя уступами и перемещении вскрыши за пределы карьера (рис. 23.1) руда грузится одноковшовыми экскаваторами и транспортируется автосамосвалами.

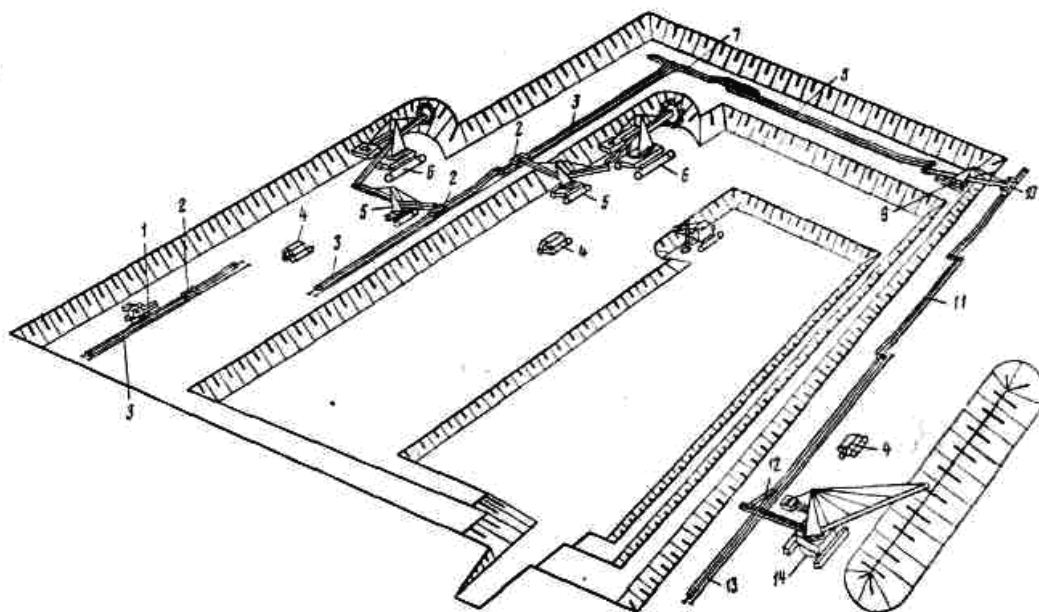


Рис. 23.1. Схема конвейерного транспорта при разработке мягких вскрышных пород роторными экскаваторами: 1 — турнодозер; 2 — самоходный бункер; 3 — забойный конвейер; 4 — кабельный передвижник; 5 — перегружатель; 6 — роторный экскаватор; 7 — телескопический конвейер; 8 — торцовый конвейер; 9 — межуступный перегружатель; 10 — погрузочное устройство; 11 — магистральный конвейер; 12 — перегрузочная тележка (автостелла); 13 — отвальный конвейер; 14 — отвалообразователь.

Вскрышная 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 межуступный перегружатель, затем через перегрузочное устройство передается на магистральный конвейер, далее — на отвальный и через перегрузочную тележку (автостеллу) — на конвейер приемной стрелы отвалообразователя.

По мере продвижения забоя перемещают с помощью турнодозеров забойные конвейеры и увеличивают длину телескопического конвейера. 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. 23.2) 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.

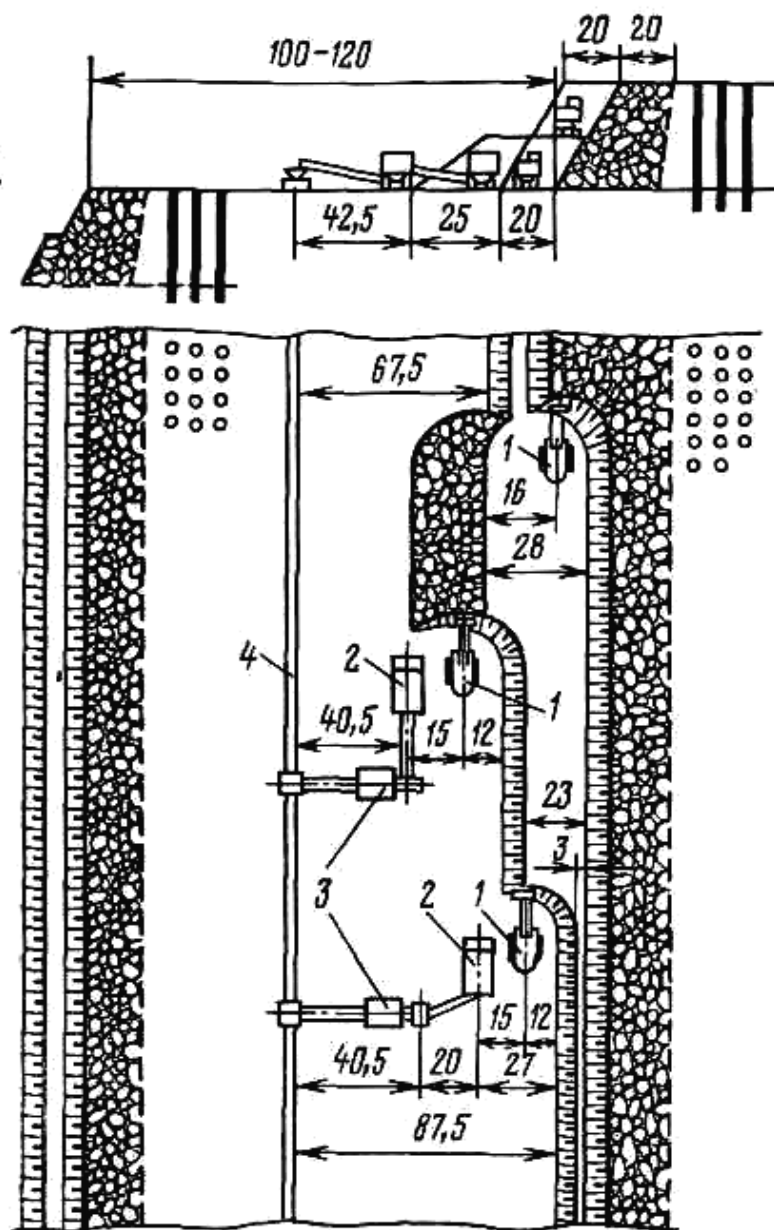


Рис. 23.2. Схема поточной технологии разработки крепких руд с использованием конвейерного транспорта (линейные размеры в метрах): 1 — экскаватор; 2 — самоходный дробильный агрегат; 3 — самоходный перегружатель; 4 — забойный ленточный конвейер

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.

23.2. 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.

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 3-роlikовые опоры с углом наклона боковых роlikов 30—45°, для более широких лент используют 5-роlikовые 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. Роlikовая головка тракторного передвижника — турнодозера — захватывает расположенный со стороны забоя или отвала рельс 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 ставе — до 3—4 км, реже до 10—12 км. Длина самой конвейерной линии может достигать нескольких десятков километров (например, длина 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.

23.3. Автоматизация и эксплуатация конвейерного транспорта

В целом автоматизация карьерного конвейерного транспорта осуществляется в том же направлении, теми же техническими средствами, что и подземных ленточных конвейеров (см. 15.6). 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 за состоянием 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, отвалных и передаточных конвейеров, более сложная очистка лент от налипаний и примерзаний, 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.

24. КОМБИНИРОВАННЫЙ ТРАНСПОРТ

24.1. Основные звенья комбинированного транспорта

Для достижения более высоких технико-экономических показателей при определенных горно-технических условиях открытой разработки целесообразно использовать на карьере несколько видов транспорта, каждый из которых может работать в наиболее удобных производственных условиях. Применение комбинированного транспорта позволяет ускорить подготовку месторождения к эксплуатации и значительно интенсифицировать производство вскрышных и добычных работ. Особенно целесообразно использование комбинированного транспорта на глубоких карьерах, где один вид транспорта не обеспечивает необходимой экономической эффективности разработки.

Схемы комбинированного транспорта, как правило, состоят из трех звеньев. Транспорт первого звена обеспечивает перемещение горной массы по горизонтам разработки внутри карьера - и по выполняемым функциям относится к сборочному. Транспорт второго звена предназначен для подъема горной массы из карьера, а третьего — для перемещения горной массы на поверхности.

Наиболее целесообразно использование комбинированных видов транспорта при увеличении глубины карьеров. Предпочтительные условия применения различных видов и комбинаций транспорта для глубоких карьеров приведены в табл. 24.1.

Т а б л и ц а 24.1

Условия применения карьерного транспорта

Вид транспорта	Оборудование	Грузо поток, млн т/год	Зона горных работ в карьере (горизонты)	Высота подъема горной массы, м	Расстояние транспортирования, км	Темп понижения горных работ, м/год
Автомобильный	Автосамосвалы грузоподъемностью, т: < 75 110, 120 180	< 10	Рабочие	80-100	1,5-3	15-20
		10-20		100-120	2-4	
		> 20	Средние и верхние	120-150	2-5	10-15
	Дизель-троллейбусы грузоподъемностью 110 т	10-20	Средние и верхние	150-200	3-5	
Железнодорожный	Тепловозы (уклон до 30 ‰)	15-30	Верхние	< 100	5-8	5-7
	Электровозы и тяговые агрегаты (уклон 40 ‰)	20-40	Верхние и средние	< 200	7-10	6-8
	Тяговые агрегаты, моторвагонные поезда (уклон 60 ‰ и более)	15-35	Средние нижние	< 300÷400	8-15	8-10
Конвейерный	Конвейеры в сочетании:		Верхние вскрышные	< 100	5-8	< 5
	с роторными комплексами	10-20				
	с самоходными	3-7		200-300	3-5	

Автомобильно-конвейерный	С щековыми дробилками	6-10	Глубокие рудные	60-80 ^{*1}	0,5-2 ^{*1}	10-15
	С конусными дробилками			150-200 ^{*2}	1,5-2,5 ^{*2}	
Железнодорожный-конвейерный	Стационарный дробильно-перегрузочный комплекс	15-23		40-80 ^{*3} 150-200 ^{*3}	2-4 ^{*3} 1,5-2,5 ^{*3}	5-7
Автомобильно-железнодорожный	С экскаваторными и безэкскаваторными перегрузочными пунктами	10-15	Средние и нижние	60-80 ^{*1} 150-250 ^{*3}	0,5-1,5 ^{*1} 8-10 ^{*3}	8-10
Автомобильно-конвейерно-железнодорожный	С экскаваторным, бункерным или комбинированным перегрузочным комплексом	15-20	Глубинная зона карьера	60-80 ^{*1} 150-300 ^{*2} 0-100 ^{*3}	0,5-2,5 ^{*1} 0,7-1,5 ^{*2} 5-10 ^{*3}	

24.2. Автомобильно-железнодорожный транспорт

Этот вид комбинированного транспорта наиболее целесообразно применять: на карьерах глубиной более 150—250 м, когда ограниченные размеры карьера в плане на нижележащих горизонтах усложняют укладку рельсовых путей с доступными уклонами и радиусами кривых; при разработке маломощных залежей с быстрым продвижением фронта работ и большим расстоянием транспортирования на поверхности карьера, а также при других условиях.

При использовании автотранспорта в качестве сборочного звена резко улучшаются условия эксплуатации железнодорожного транспорта, который работает, в основном, на постоянных путях с большой скоростью движения, сокращается объем путевых работ и число подвижного состава.

Перегрузку горной массы в карьере производят либо непосредственно из автосамосвалов в думпкары на эстакадных перегрузочных пунктах, либо с использованием промежуточного складирования и экскаваторной перегрузки горной массы в думпкары.

Эстакадные перегрузочные пункты (рис. 24.1, а) представляют собой возведенную вдоль рельсового пути площадку из железобетона или дробленого камня с подпорной стенкой. На площадке могут маневрировать и разгружаться до 6 автосамосвалов. Преимущества эстакадных перегрузочных пунктов — сравнительно небольшие капитальные затраты, низкая себестоимость перегрузочных работ, недостатки — сложность организации жесткой связи между автомобильным и железнодорожным транспортом, сложность переноса площадок и др.

^{*1} Автомобильный транспорт

^{*2} Конвейерный транспорт

^{*3} Железнодорожный транспорт

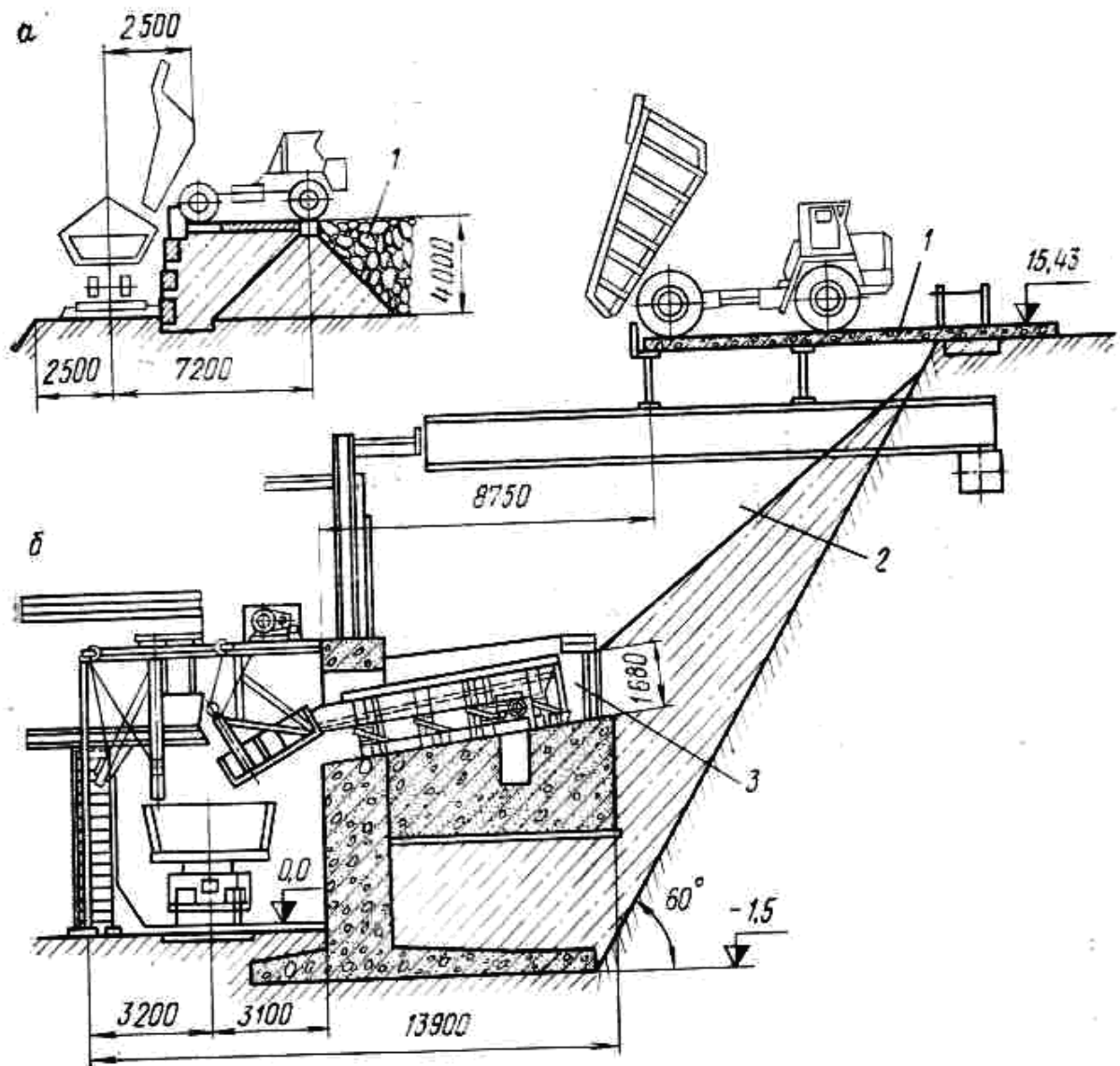


Рис. 24.1. Перегрузочные пункты: а — эстакадный; б — эстакадно-бункерный; 1 — эстакада; 2 — бункер; 3 — вибропитатель

Разработаны конструкции стационарных эстакадно-бункерных перегрузочных пунктов (рис. 24.1, б) вместимостью до 150 м^3 , оборудованных пластинчатыми или вибрационными питателями, применение которых, благодаря аккумулирующей емкости, позволяет сократить простои автосамосвалов в ожидании вагонов.

При промежуточном складировании и перегрузке горной массы в думпкары экскаваторами обеспечивается гибкая связь между автомобильным и железнодорожным транспортом, появляется возможность усреднения руд, однако в этом случае увеличиваются затраты на перегрузку в связи с использованием экскаваторов.

24.3. Автомобильно-конвейерный транспорт

Автомобильно-конвейерный транспорт крепких пород и руд, составляющий основу циклично-поточной технологии разработки месторождений открытым способом, экономически целесообразен на карьерах глубиной 100—150 м и более.

При использовании этого вида комбинированного транспорта автотранспортом перемещают горную массу внутри карьера обычно на небольшие расстояния (порядка 0,6—0,8 км) до перегрузочных грохотильно-дробильных пунктов, от которых горная масса транспортируется ленточными конвейерами до пункта назначения. По мере углубки карьера перегрузочные пункты переносят (обычно через 3—4 горизонта) и наращивают конвейерные подъемники.

Внедрение циклично-поточной технологии на открытых горных разработках позволяет увеличить (по сравнению с цикличной) производительность в 1,5—2 раза, снизить затраты на разработку на 25—30%, увеличить производительность экскаваторов на 25—30%, сократить в

несколько раз потребность в мощных автосамосвалах. Кроме этого появляется возможность осуществить комплексную автоматизацию производства.

Разрабатываются и внедряются, в основном, три направления применения циклично-поточной технологии на открытых горных работах: с дроблением в полустационарных и самоходных дробильных установках (рис. 24.2, *а*); с грохочением в полустационарных и передвижных установках (рис. 24.2, *б*); с применением специальных, например, ленточно-тележечных конвейеров, без предварительного (вторичного) дробления и грохочения.

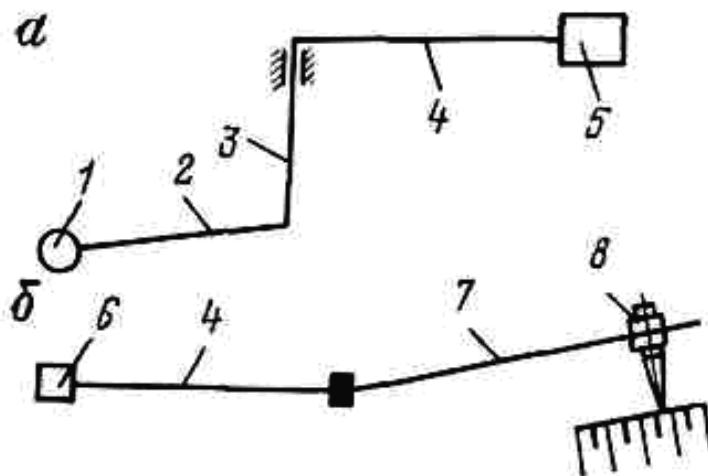


Рис. 24.2. Схемы транспорта при циклично-поточной технологии: *а* — руды на Ингулецком карьере; *б* — породы на Каджаранском карьере; 1 — полустационарный дробильный перегрузочный пункт; 2 — передаточный ленточный конвейер; 3 — подъемный ленточный конвейер, установленный в наклонном стволе; 4 — магистральный ленточный конвейер; 5 — корпус мелкого дробления; 6 — грохотильный перегрузочный пункт; 7 — отвальный ленточный конвейер; 8 — отвалообразователь

На большинстве отечественных карьеров предполагается внедрение циклично-поточной технологии с применением полустационарных дробильных установок. Дробление руды в карьере экономически оправдано, так как она затем транспортируется на обоганительную фабрику и подвергается дальнейшему дроблению.

При циклично-поточной технологии разработки крепких вскрышных пород при определенном гранулометрическом составе целесообразнее использовать полустационарные или передвижные грохотильные установки, в которых подрешетный продукт поступает на ленточный конвейер, а надрешетный — на почву, грузится экскаваторами в автосамосвалы и вывозится во внешние отвалы.

Снижение затрат достигается при использовании специальных конвейеров без предварительного дробления и грохочения породы, а в некоторых случаях и руды.

При использовании автомобильно-конвейерного транспорта и циклично-поточной технологии разработки рекомендуется на промежуточных или концентрационных горизонтах со сроком эксплуатации 3—6 лет размещать полустационарные перегрузочные пункты: с дроблением — при содержании в исходной горной массе фракций размером до 400 мм не менее 50%; с грохочением и дроблением — 50% и более; с грохочением — до 85—95%. Практически во всех перегрузочных пунктах перед дроблением производят предварительное грохочение, при котором надколосниковый продукт поступает в дробилку, а подколосниковый — в бункер и далее питателем подается на конвейер. Предварительное грохочение способствует увеличению производительности перегрузочных пунктов.

Полустационарные перегрузочные грохотильно-дробильные пункты имеют разборную конструкцию и могут собираться из отдельных блоков. Основными их элементами являются щековые или конусные дробилки. При одинаковой ширине приемного отверстия большую производительность обеспечивают конусные дробилки, однако они имеют значительно большие массу и высоту по сравнению со щековыми дробилками. Перегрузочные пункты с щековыми дробилками применяют на карьерах с крутопадающими рудными залежами сравнительно небольшой мощности, при интенсивном понижении горных работ и частом переносе перегрузочных пунктов, а с конусными дробилками; (рис. 24.3) — в больших по площади карьерах, с глубоким залеганием рудного тела и длительным сроком отработки горизонтов.

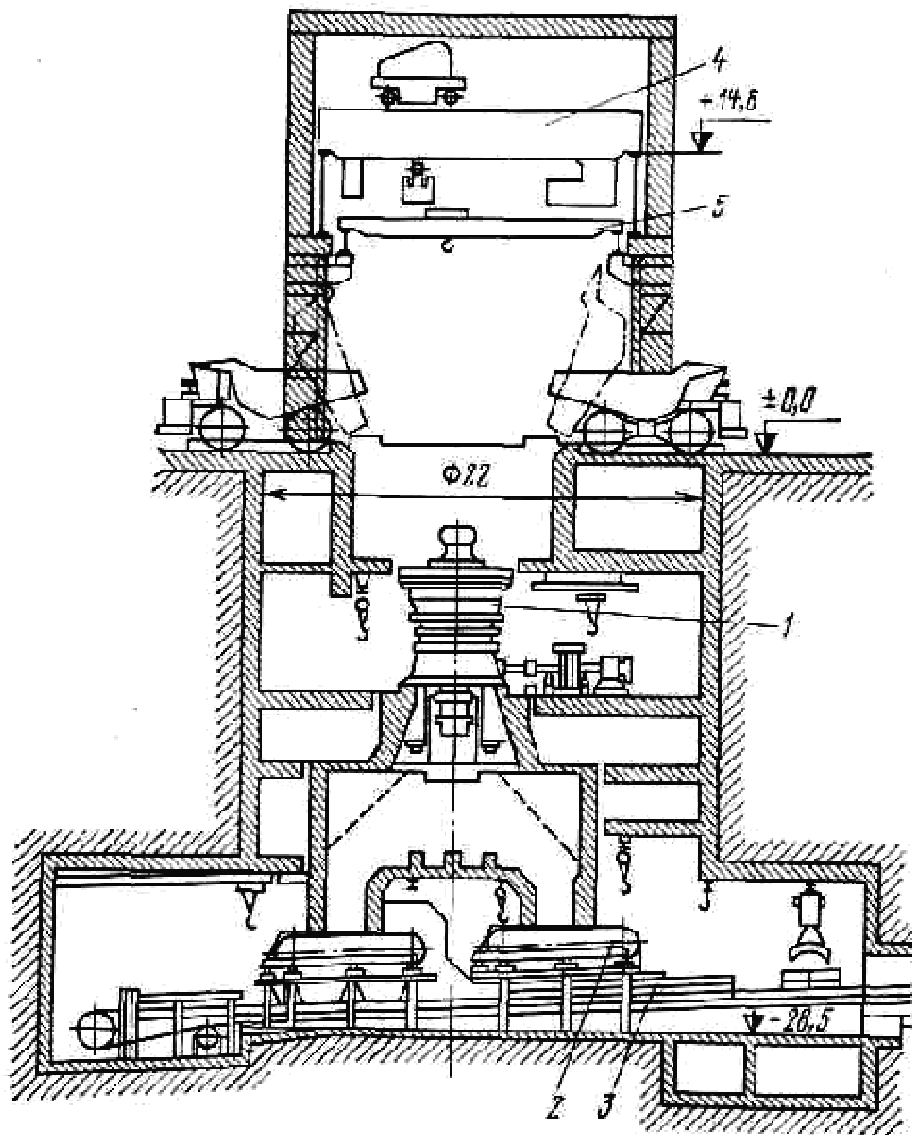


Рис. 24.3. Дробильный перегрузочный пункт (Ингулецкий ГОК) с конусной дробилкой (линейные размеры — в метрах): 1 — дробилка конусная; 2 — питатель пластинчатый; 3 — конвейер ленточный; 4, 5 — краны мостовые

Ленточные конвейеры для подъема горной массы от перегрузочных пунктов устанавливают в траншеях, пройденных по борту карьера по диагонали, или в наклонных стволах, соединяющих по кратчайшему расстоянию перегрузочный пункт с поверхностью карьера.

Ленточные конвейеры, применяемые в комплексе с автотранспортом, оборудованы лентами шириной 1600 и 2000 мм. Скорость ленты достигает 2,5—3,15 м/с. Такие конвейеры обеспечивают производительность 18—20 млн. т в год при часовой производительности 4000—4500 т/ч (например, конвейерная линия Ингулецкого ГОКа).

Вопросы для самопроверки

1. Перечислите основные виды карьерного транспорта и укажите их преимущества и недостатки.
2. Укажите области применения автомобильного, железнодорожного и конвейерного транспорта на рудных карьерах.
3. Перечислите отличительные особенности строения и эксплуатации карьерных рельсовых путей по сравнению с шахтными рельсовыми путями.
4. Дайте характеристику подвижному составу карьерного железнодорожного транспорта.
5. Каковы особенности организации работы карьерного железнодорожного транспорта?
6. Укажите основные особенности конструкций карьерных автодорог.
7. Дайте характеристику подвижному составу автотранспорта. Приведите основные типы отечественных автосамосвалов и их грузоподъемность.
8. Каковы основные особенности организации работы карьерного автотранспорта.

9. Начертите принципиальную схему конвейерного транспорта при разработке вскрышных пород роторными экскаваторами.
10. Перечислите основные конструктивные особенности карьерных ленточных конвейеров.
11. Перечислите основные звенья комбинированного транспорта.
12. Укажите области применения автомобильно-железнодорожного и автомобильно-конвейерного транспорта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Агошков М. И., Борисов С. С., Боярский В. Л.* Разработка рудных и нерудных месторождений. — М: Недра, 1983.
2. *Айрапетян Л. Г., Боголюбов А. А., Ермолаева Л. А.* Разработка рудных месторождений подземным способом с использованием циклично-поточной и лоточной технологий за рубежом. — М.: ЦНИИцветмет эконо, и информ., 1990. Сер. Горное дело, вып. 3.
3. *Беляков В. А., Калиниченко В. П.* Монтаж, эксплуатация и ремонт транспортных машин горнорудных шахт. — М.: Недра, 1982.
4. *Волотковский С. А.* Рудничная электровозная тяга. — М.: Недра, 1981.
5. *Григорьев В. П., Дьяков В. А., Пухов Ю. С.* Транспортные машины для подземных разработок. — М: Недра, 1984.
6. *Дьяков В. А.* Транспортные машины и комплексы открытых разработок.— М: Недра, 1986.
7. *Единые правила безопасности при разработке рудных, нерудных и россыпных месторождений подземным способом.* — М.: Недра, 1986.
8. *Жигалов М. Л., Ярунин С. А.* Технология, механизация и организация подземных горных работ. — М.: Недра, 1990.
9. *Закладочные работы в шахтах: Справочник/Под ред. Д. М. Бронникова и М. Н. Цыгалова.* — М.: Недра, 1989.
10. *Именитое В. Р.* Процессы подземных горных работ при разработке рудных месторождений. — М.: Недра 1984.
11. *Кальницкий Я. Б.* Безопасная эксплуатация подземного самоходного оборудования. — М.: Недра, 1982.
12. *Корляков П. А., Кордюков Г. С., Павлов Ю. Я.* Ковшовые погрузочно-транспортные машины. — М: Недра, 1980.
13. *Липовой А. И.* Ковшовые погрузочно-транспортные машины на подземных рудниках. — М: Недра, 1988.
14. *Нормы технологического проектирования рудников цветной металлургии с подземным способом разработки: ВНТП37 — 86/Минцветмет СССР.* — М.: 1986.
15. *Общесоюзные нормы технологического проектирования подземного транспорта горнодобывающих предприятий/Минуглепром СССР.* — М.: 1986.
16. *Подземная разработка месторождений полиметаллических руд/И. Е. Ерофеев, И. М. Никифоров, И. П. Черкасов и др.* — М.: Недра, 1990.
17. *Потапов М. Г.* Карьерный транспорт. — М.: Недра 1985.
18. *Подземный транспорт шахт и рудников/Под ред. Г.Я. Пейсаховича и И.П. Ремизова.* — М.: Недра, 1985.
19. *Пухов Ю. С.* Рудничный транспорт: Учеб. — М.: Недра, 1983.
20. *Пухов Ю. С.* Транспортные машины: Учеб. — М.: Недра, 1987.
21. *Скорняков Ю. Г.* Подземная добыча руд комплексами самоходных машин.— М.: Недра, 1986.
22. *Скребковые забойные конвейеры/В.Н. Хорин, И.С. Солопий, В.П. Щенников и др.* — М: Недра, 1981.
23. *Славиковский О. В.* Применение погрузочно-транспортных комплексов на подземных рудниках в СССР и за рубежом. — М.: Черметинформация. 1989. Сер. Горнорудное производство, вып. 3.
24. *Справочник по разработке соляных месторождений/Р. С. Пермьяков, О. В. Ковалев, В. Л. Пинский и др.* — М.: Недра, 1986.
25. *Справочник по горнорудному делу/Под ред. В. А. Гребенюка.* — М.: Недра, 1983.
26. *Татаренко А. М., Максецкий И. П.* Рудничный транспорт. — М: Недра, 1990.
27. *Тихонов Н.В.* Транспортные машины горнорудных предприятий. — М.: Недра, 1985.
28. *Филимонов А.Т.* Ремонт самоходного оборудования на подземных рудниках. — М.: Недра, 1987.
29. *Шадрин Н.М.* Электрическая тяга на открытых горных разработках. — М.: Недра, 1987.
30. *Ющенко А.И., Гудалов В.П.* Справочник машиниста рудничного локомотива. — М.: Недра, 1981.