

М. Г. ПОТАПОВ

КАРЬЕРНЫЙ ТРАНСПОРТ

ИЗДАНИЕ ЧЕТВЕРТОЕ, ПЕРЕРАБОТАННОЕ И ДОПОЛНЕННОЕ

*Допущено Министерством высшего и среднего специального образования СССР
в качестве учебника для средних специальных учебных заведений
по специальности «Открытая разработка месторождений полезных ископаемых»*

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|----|
| ПРЕДИСЛОВИЕ | 4 |
| ВВЕДЕНИЕ | 5 |
| РАЗДЕЛ I. ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ТРАНСПОРТ | 7 |
| Глава 1. ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ПУТЬ | 7 |
| § 1. Трасса, план и профиль пути | 7 |
| План пути | 7 |
| Профиль пути | 8 |
| Габариты | 8 |
| § 2. Земляное полотно | 9 |
| § 3. Верхнее строение пути | 12 |
| Рельсы | 12 |
| Промежуточные рельсовые скрепления | 13 |
| Стыковые рельсовые скрепления | 15 |
| Шпалы | 16 |
| Балласт | 16 |
| § 4. Устройство рельсовой колеи | 17 |
| § 5. Соединения и пересечения путей | 18 |
| Глава 2. ПУТЕВЫЕ РАБОТЫ В КАРЬЕРАХ | 24 |
| § 1. Содержание и ремонт постоянных путей | 24 |
| § 2. Путевые работы на перемещаемых путях | 25 |
| Крановая переноска звеньев | 26 |
| Передвижка рельсо-шпальной решетки путепередвижателями циклического действия | 29 |
| Характеристика путепередвижателей циклического действия | 30 |
| Передвижка рельсо-шпальной решетки путепередвижателя непрерывного действия | 30 |
| Перевозка и укладка рельсо-шпальной решетки | 32 |
| Характеристика путеукладочных кранов | 33 |
| § 3. Средства механизации путевых работ | 34 |
| Приборы для проверки состояния пути | 34 |
| Механизированный путевой инструмент | 34 |
| Путеремонтные машины | 35 |
| Глава 3. ВАГОНЫ | 39 |
| § 1. Общие сведения об устройстве вагонов | 39 |
| Характеристика полувагонов | 39 |
| Вагонные тележки | 40 |
| Колесные пары | 41 |
| Буксы | 41 |
| Рессорное подвешивание | 42 |
| Рама и кузов | 42 |
| Ударно-тяговые устройства | 42 |
| Пневматическая система | 43 |
| § 2. Основные параметры вагонов | 43 |
| § 3. Думпкары | 45 |
| § 4. Ремонт вагонов | 48 |
| Глава 4. ЛОКОМОТИВЫ | 49 |
| § 1. Общие сведения об электрифицированном транспорте | 49 |
| § 2. Параметры электроподвижного состава, типы электровозов и тяговых агрегатов | 52 |
| § 3. Устройство электровозов и тяговых агрегатов | 55 |
| Механическая часть электровозов | 58 |
| § 4. Тепловозы | 62 |
| § 5. Ремонт локомотивов | 65 |
| Глава 5. ТЯГА ПОЕЗДОВ | 67 |
| § 1. Сила тяги | 67 |
| § 2. Силы сопротивления движению | 69 |
| Основное сопротивление движению | 69 |
| § 3. Тормозная сила поезда | 72 |
| § 4. Уравнение движения поезда | 73 |
| § 5. Тяговые расчеты | 75 |
| Определение веса состава | 75 |
| Расчет тормозных средств | 76 |
| Расчет скорости и времени хода поездов | 77 |
| Проверка двигателей на нагрев | 78 |
| Расход электроэнергии электровозом | 79 |
| Мощность источника автономного питания | 80 |
| Глава 6. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА | 81 |

| | |
|--|------------|
| § 1. Грузовые потоки в карьерах..... | 81 |
| § 2. Раздельные пункты..... | 82 |
| § 3. Средства железнодорожной связи, сигнализации и автоматизации..... | 87 |
| § 4. Графики движения и организации работы транспорта..... | 91 |
| § 5. Пропускная способность..... | 96 |
| РАЗДЕЛ II. АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ..... | 99 |
| Глава 7. АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ..... | 99 |
| § 1. Классификация и элементы автодорог..... | 99 |
| § 2. Дорожные покрытия..... | 101 |
| § 3. Содержание и ремонт автодорог..... | 103 |
| Глава 8. ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ..... | 105 |
| § 1. Общие сведения об устройстве большегрузных автомашин..... | 105 |
| § 2. Автосамосвалы..... | 110 |
| § 3. Полуприцепы..... | 112 |
| Глава 9. ТЯГОВЫЕ РАСЧЕТЫ ПРИ АВТОТРАНСПОРТЕ..... | 115 |
| § 1. Сила тяги..... | 115 |
| § 2. Силы сопротивления движению..... | 116 |
| § 3. Уравнение движения при автотранспорте..... | 116 |
| § 4. Тяговые расчеты..... | 119 |
| Глава 10. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ АВТОТРАНСПОРТА..... | 122 |
| § 1. Схемы движения автотранспорта..... | 122 |
| § 2. Управление работой автотранспорта..... | 123 |
| § 3. Эксплуатационные расчеты автотранспорта..... | 126 |
| Время рейса автомобиля..... | 126 |
| Эксплуатационные показатели работы автотранспорта..... | 127 |
| Производительность автотранспорта..... | 128 |
| Число автомашин..... | 128 |
| Пропускная способность..... | 129 |
| § 4. Организация автотранспортного хозяйства..... | 130 |
| РАЗДЕЛ III. КОНВЕЙЕРНЫЙ ТРАНСПОРТ..... | 132 |
| Глава 11. СХЕМЫ КОНВЕЙЕРНОГО ТРАНСПОРТА..... | 132 |
| § 1. Условия применения и виды ленточных конвейеров..... | 132 |
| Назначение и виды конвейеров..... | 133 |
| § 2. Схемы конвейерного транспорта..... | 134 |
| Схемы погрузки на конвейеры в забое..... | 140 |
| Схемы разгрузки с конвейеров на отвале..... | 141 |
| Глава 12. УСТРОЙСТВО КОНВЕЙЕРОВ..... | 142 |
| § 1. Конвейерная лента..... | 142 |
| § 2. Конвейерный став..... | 143 |
| § 3. Привод конвейеров..... | 148 |
| § 4. Концевая часть и натяжное устройство..... | 150 |
| § 5. Вспомогательные устройства..... | 151 |
| § 6. Типы конвейеров..... | 153 |
| Глава 13. РАСЧЕТЫ ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ..... | 156 |
| § 1. Производительность конвейера..... | 156 |
| § 2. Определение сопротивлений на конвейере..... | 158 |
| § 3. Определение мощности привода..... | 159 |
| Метод обхода контура ленты..... | 159 |
| Приближенный метод..... | 160 |
| § 4. Длина конвейерного става и расчет ленты на прочность..... | 161 |
| Глава 14. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ..... | 163 |
| § 1. Эксплуатация конвейерного транспорта..... | 163 |
| § 2. Эксплуатационные показатели конвейерного транспорта..... | 164 |
| РАЗДЕЛ IV. КОМБИНИРОВАННЫЙ ТРАНСПОРТ..... | 167 |
| § 1. Комбинация автомобильного транспорта с железнодорожным..... | 167 |
| § 2. Комбинация автомобильного транспорта со скиповым подъемом..... | 169 |
| § 3. Комбинация автомобильного транспорта с конвейерным..... | 171 |
| СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ..... | 173 |

ПРЕДИСЛОВИЕ

В настоящее время для отечественной горнодобывающей промышленности характерно опережающее развитие открытого способа разработки месторождений полезных ископаемых. В этих условиях растущий масштаб предприятий и увеличение Глубины карьеров все более усложняют и удорожают транспортирование горной массы. На многих карьерах технико-экономические показатели открытой разработки определяются в первую очередь процессом перемещения вскрышных пород и полезного ископаемого.

Карьерный транспорт — это технологический процесс со специальной техникой и организацией работ, тесно связанный со смежными процессами открытой разработки.

Для изучения этого важного технологического процесса была создана специальная учебная дисциплина «Карьерный транспорт», содержащая все аспекты . перемещения горной массы в карьерах (теория процесса, технические средства, принципы организации работы, эксплуатационные показатели).

1970—80-е годы характеризуются интенсивным развитием карьерного транспорта, его техническим перевооружением и разработкой новых видов транспорта для карьеров. Получил развитие, кроме того, комбинированный транспорт. В связи с этим возникла необходимость настоящего (четвертого) издания учебника, которое от предыдущего (третьего) издания отличается главным образом в части описания техники карьерного транспорта и оценки основных параметров транспортного оборудования. Получили развитие также методические основы расчета карьерного транспорта, усовершенствованы расчеты.

Книга написана в соответствии с программой курса «Карьерный транспорт» и предназначена в качестве учебника для учащихся горных техникумов.

ВВЕДЕНИЕ

Развитие открытого способа разработки в горнодобывающей промышленности Советского Союза по сравнению с подземным способом разработки обуславливает в 2—3 раза сокращение удельных капитальных вложений, в 5—6 раз рост производительности труда и в 3—4 раза снижение себестоимости единицы полезного ископаемого.

Главными условиями прогрессивного развития открытого способа разработки являются создание и наиболее полное использование в карьерах высокоэффективных средств горного и транспортного оборудования.

На современных открытых разработках приходится перемещать значительные объемы полезного ископаемого и особенно вскрышных пород (до сотен тысяч кубических метров в сутки). Транспортирование вскрыши и полезного ископаемого — один из наиболее трудоемких процессов технологического комплекса открытых горных работ. Стоимость перемещения горной массы составляет 40—50% общей стоимости вскрышных работ в карьере.

С помощью средств карьерного транспорта горная масса от экскаваторных забоев перемещается до пунктов разгрузки. Разгрузочными пунктами являются: для вскрышных пород — отвалы, для полезного ископаемого — устройства для перегрузки с одного вида транспорта на другой, постоянные или временные склады, приемные бункера дробильных, сортировочных, обогатительных, агломерационных или брикетных фабрик.

Карьерный транспорт имеет ряд следующих особенностей, отличающих его от транспорта общего пользования.

1. Пункты погрузки и разгрузки постоянно изменяют свое положение, следуя за фронтом горных работ, что требует периодического перемещения транспортных коммуникаций и оборудования (железнодорожных путей, автодорог, конвейеров).

2. Цикл карьерных транспортных средств прерывного действия (железнодорожный, автомобильный и др.) состоит из операций погрузки, движения с грузом, разгрузки и обратного движения порожняком.

3. Транспортирование из карьера происходит, как правило, на большом уклоне при разработке как глубинных, так и нагорных месторождений.

4. Для производительного использования горного и транспортного оборудования (экскаваторов и подвижного состава) необходимо взаимное согласование их параметров.

Основными требованиями, предъявляемыми к карьерному транспорту, являются: обеспечение заданного грузооборота; бесперебойность работы (точное соблюдение графика движения — для средств циклического действия и непрерывность потока — для транспортных средств непрерывного действия); возможно меньшая трудоемкость работ (благодаря применению механизации и автоматизации основных и вспомогательных процессов при транспортировании); безопасность движения и ведения работ.

Одно из основных положений при выборе схем транспортирования — разделение грузопотоков вскрышных пород и полезного ископаемого, что целесообразно, например, в условиях большой и средней производственной мощности карьеров (если позволяют горно-геологические условия), так как обеспечивает ритмичную и бесперебойную работу всего предприятия.

Выбор вида и средств карьерного транспорта определяется рядом факторов и в первую очередь характеристикой транспортируемого груза, расстоянием перевозки, масштабами работ и темпами их развития. От масштабов работ (грузооборота) зависит мощность транспортных средств, а темпы ведения горных работ определяют требования к маневренности средств транспорта. В условиях карьеров самостоятельно или в комбинациях используются железнодорожный, автомобильный, конвейерный, гидравлический, канатный и воздушный виды транспорта. Каждому из этих видов соответствуют определенное оборудование, коммуникации, схемы и организация работы.

Основное распространение на карьерах Советского Союза и за рубежом получили железнодорожный, автомобильный и конвейерный транспорт, которые применяются уже в течение длительного времени и имеют свою эволюцию.

По прогнозу развития открытой добычи и в будущем эти виды транспорта останутся основными (как при самостоятельном их использовании, так и в различных комбинациях).

Железнодорожный транспорт, ранее других применявшийся на карьерах СССР, в настоя-

щее время оснащен современной техникой.

Совершенствуется система организации движения поездов. Применение системы СЦБ (сигнализации, централизации и блокировки) и радиосвязи диспетчера с экскаваторными и локомотивными бригадами позволяет значительно улучшить организацию и безопасность работы.

Железнодорожный транспорт эффективно применяется во многих карьерах большой мощности при значительных расстояниях откатки, хотя предъявляет наиболее строгие требования к плану и профилю пути, т. е. применение этого вида транспорта требует наибольших радиусов кривых и допускает наименьшие подъемы пути.

Автомобильный транспорт применяется в сложных условиях залегания полезных ископаемых или при быстром подвигании фронта работ. Основное преимущество автомобильного транспорта — маневренность, поэтому он более других видов транспорта пригоден для разработки месторождений с небольшими запасами при малом сроке эксплуатации карьера, особенно при коротких расстояниях транспортирования.

Главным преимуществом автомобильного транспорта перед железнодорожным является его способность преодолевать в 2—3 раза большие подъемы и проходить кривые в 4—6 раз меньшего радиуса.

Конвейерный транспорт, способный транспортировать материал под углом 17—19°, широко применяется на карьерах СССР и за рубежом. Однако применение конвейерного транспорта предъявляет наиболее жесткие требования к характеристике (кусковатости и абразивности) перемещаемого материала, в связи с чем основное распространение конвейеры получили при транспортировании мягких, рыхлых горных пород. Благодаря созданию конвейерных лент высокой прочности в настоящее время расширяется область применения этого вида транспорта, в частности для доставки тяжелых и абразивных материалов.

Нередко экономичным является применение комбинированного транспорта. В этом случае на определенных участках транспортирования проявляются преимущества каждого вида транспорта.

РАЗДЕЛ I. ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ТРАНСПОРТ

ГЛАВА 1. ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ПУТЬ

§ 1. Трасса, план и профиль пути

План пути

Трассой называется линия, определяющая положение оси железнодорожного пути в пространстве. Проекция трассы на горизонтальную плоскость называется планом пути, проекция развернутой трассы на вертикальную плоскость — продольным профилем железнодорожного пути.

Направление трассы определяется положением заданных пунктов в карьере и на поверхности.

План пути определяется в соответствии с размерами карьерного поля, глубиной карьера и элементами продольного профиля. Трасса в плане имеет простую форму (рис. 1, *a*), если на всем протяжении она имеет одно направление.

При необходимости преодолевать значительную разность отметок в пределах установленных размеров карьерного поля трассу приходится искусственно развивать. Если протяженность трассы больше длины борта карьера, на котором производится трассирование, возможны два случая:

1) трасса размещается на одном борту карьера, и ее отдельные прямые отрезки соединяются между собой тупиками (рис. 1, *б*), реже петлями;

2) трасса переводится с одного борта карьера на другой, образуя спиральную форму, (рис. 1, *в*).

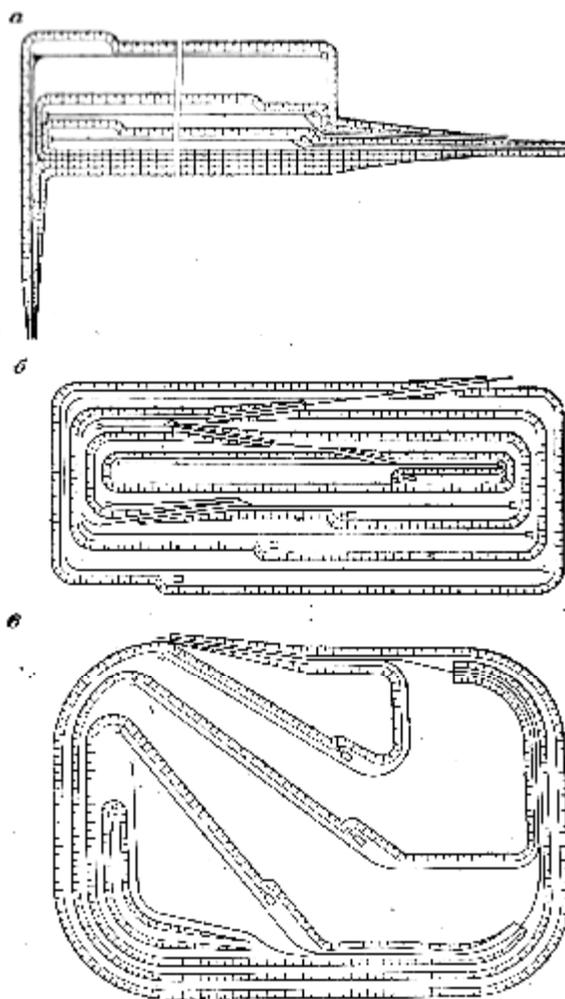


Рис. 1. Форма трассы железнодорожного пути в плане:

a — простая; *б* — тупиковая; *в* — спиральная

Прямые участки пути в плане соединяются круговыми кривыми различного радиуса. Элементами кривой являются радиус R , угол кривой α (или U), длина K , тангенс T . Угол кривой равен углу поворота железнодорожной линии. Длина круговой кривой K определяется по известным ве-

личинам радиуса и угла поворота, т. е.

$$K = \frac{pa}{180} P$$

Тангенсом кривой (расстояние от начала или конца кривой до вершины внешнего угла поворота) вычисляется по формуле

$$T = P \operatorname{tg} \frac{a}{2}$$

По условиям движения при трассировании линии желательнее применять возможно большие радиусы кривых, так как благодаря этому повышается скорость движения и плавность хода поездов, снижается износ рельсов и бандажей. Однако большие радиусы кривых в карьерах требуют значительного увеличения объемов горно-капитальных работ, размеров рабочих площадок и часто практически недопустимы.

Наименьший радиус кривой назначается в соответствии с типом подвижного состава и на стационарных путях широкой колеи должен быть не менее 200 м. На передвижных путях для движения с нормальной скоростью минимальные радиусы принимаются: для электровозов 80—100 м, для тепловозов 150 м.

Для смягчения толчков и обеспечения более спокойного хода подвижного состава прямые участки пути с круговыми кривыми соединяют переходными кривыми, радиус которых плавно изменяется от бесконечности до величины радиуса круговой кривой.

Профиль пути

Железнодорожный путь (в вертикальной плоскости) состоит из горизонтальных участков (площадок) и наклонных участков, называемых уклонами. В зависимости от направления движения уклон может быть подъемом или спуском.

Величина уклона пути i измеряется в тысячных и определяется как отношение разности отметок конца и начала участка пути h к горизонтальной проекции этого участка l . Например, если $h = 40$ м, а $l = 1000$ м, величина уклона

$$i = \operatorname{tg} a = \frac{h}{l} = \frac{40}{1000} = 0,040$$

Угол a весьма мал, поэтому длину горизонтальной проекции обычно принимают равной длине пути. Кроме обозначения десятичной дробью уклоны обозначаются числом тысячных (промилле). Так, величина 0,040 может быть обозначена 40‰.

Для тяговых и эксплуатационных расчетов железнодорожного транспорта решающее значение имеет руководящий уклон i_p — наибольший затяжной уклон пути, по которому устанавливается весовая норма поездов при движении с установившейся скоростью (см. гл. 5, § 5).

Положение железнодорожного пути в вертикальной плоскости характеризуется продольным профилем. Продольный профиль линии вычерчивается в масштабах — горизонтальном 1:10000 или 1:5000 и вертикальном 1:1000 или 1:500, т. е. с искажением 1:10. Отдельные участки продольного профиля с постоянным уклоном называются элементами профиля. Для обеспечения плавности хода поездов минимальная длина элементов профиля должна составлять 200—350 м при нормальной колее и 50—100 м при узкой колее.

Сопряжение элементов продольного профиля карьерных путей без переходных кривых допускается, если разность уклонов смежных элементов не превышает 8—9‰. Радиус вертикальных кривых может быть принят равным 2000 м.

Габариты

Для безопасного движения поездов по железным дорогам необходимы взаимоувязанные предельные очертания элементов пути, постоянных сооружений и подвижного состава. С этой целью устанавливаются габариты приближения строений и габариты подвижного состава.

Габаритом приближения строения железных дорог называется предельное поперечное очертание, внутрь которого не должны заходить никакие части сооружений и станционные устройства. ГОСТ 9238—73 установлен единый для всех сооружений промышленных предприятий габарит приближения строения (рис. 2, а). Для условий транспорта на открытых разработках и промышленных предприятиях габаритами приближения строений следует предусматривать также необходимость подвески боковой контактной сети.

Габаритом подвижного состава называется предельное поперечное очертание, в котором, не выходя наружу, должен помещаться подвижной состав. Для подвижного состава, допускаемого к обращению по путям общей сети железных дорог и путям промышленных предприятий, установлены габариты Т (рис. 2, а) и 1—Т, в которые вписываются все без исключения виды подвижного состава железных дорог СССР. При строительстве по габаритам Т и 1—Т подвижного состава, предназначенного для эксплуатации на путях, промышленных предприятий, высота его (считая от уровня верха головки рельса) не должна превышать 4700 мм.

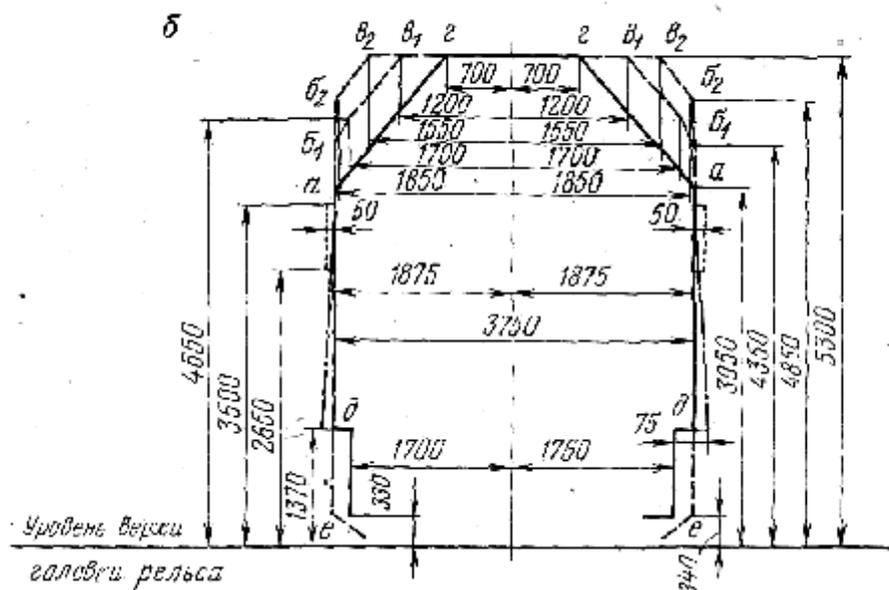
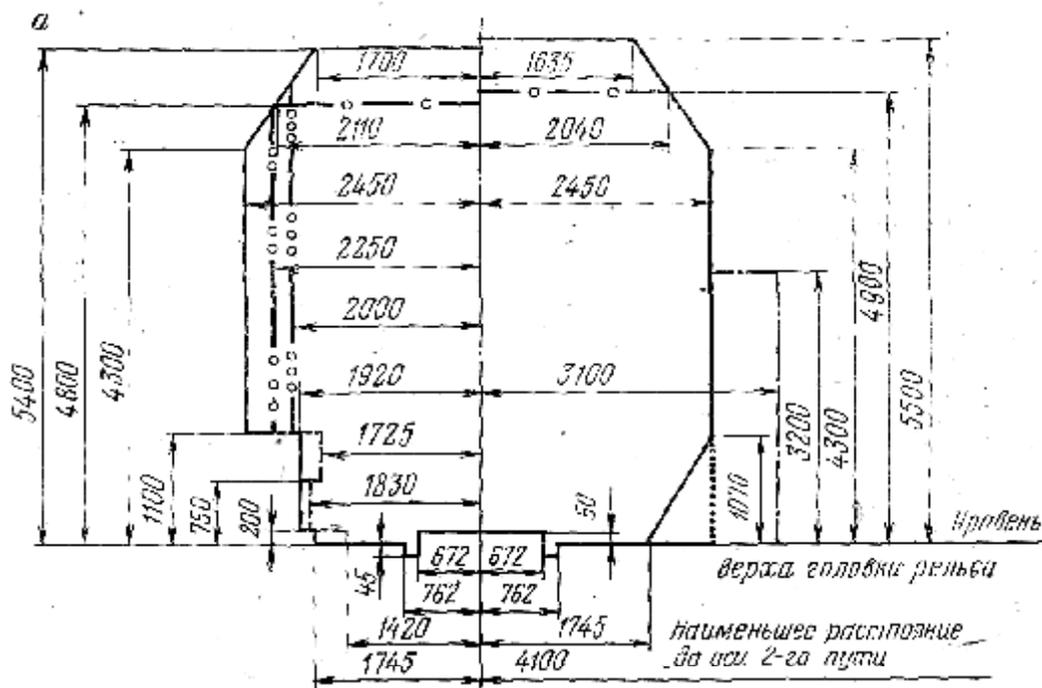


Рис. 2. Габариты железных дорог

В кривых участках пути габариты приближения строений увеличиваются.

§ 2. Земляное полотно

Железнодорожный путь состоит из нижнего и верхнего строений. К нижнему строению относится земляное полотно или искусственные сооружения, к верхнему — рельсы со креплениями, шпалы и балласт.

Конструкция и размер каждого элемента железнодорожного пути выбирается в соответствии с объемом перевозок, типом подвижного состава и скоростью движения.

Земляное полотно с водоотводными устройствами является основанием железнодорожного пути. От его исправности зависит состояние пути в целом. Часть земляного полотна, на которой размещается верхнее строение пути, называется основной площадкой. Ширина основной площад-

ки зависит от ширины колеи, числа путей и рода грунта (табл. 1).

Размеры основной площадки земляного полотна

| Поперечный профиль земляного полотна | Ширина основной площадки (м) при ширине колеи, мм | |
|---|---|---------|
| | 1520 | 750 |
| Насыпь под путь: | | |
| один | 4,6—5,5 | 2,8—3,4 |
| два | 8,7—9,6 | 5,8—6,4 |
| Выемка под дуть (с учетом ширины кювета): | | |
| один | 7,6—8,0 | 6,1—6,7 |
| два | 11,7—12,1 | 9,1—9,7 |

По форме поперечного профиля земляное полотно сооружается в виде насыпей, выемок, нулевых мест, полунасыпей, полувыемок (рис. 3). Поперечный профиль земляного полотна выполняется таким образом, чтобы обеспечивалась его устойчивость и не попадала вода на земляное полотно, а попавшую воду было бы можно быстро отвести.

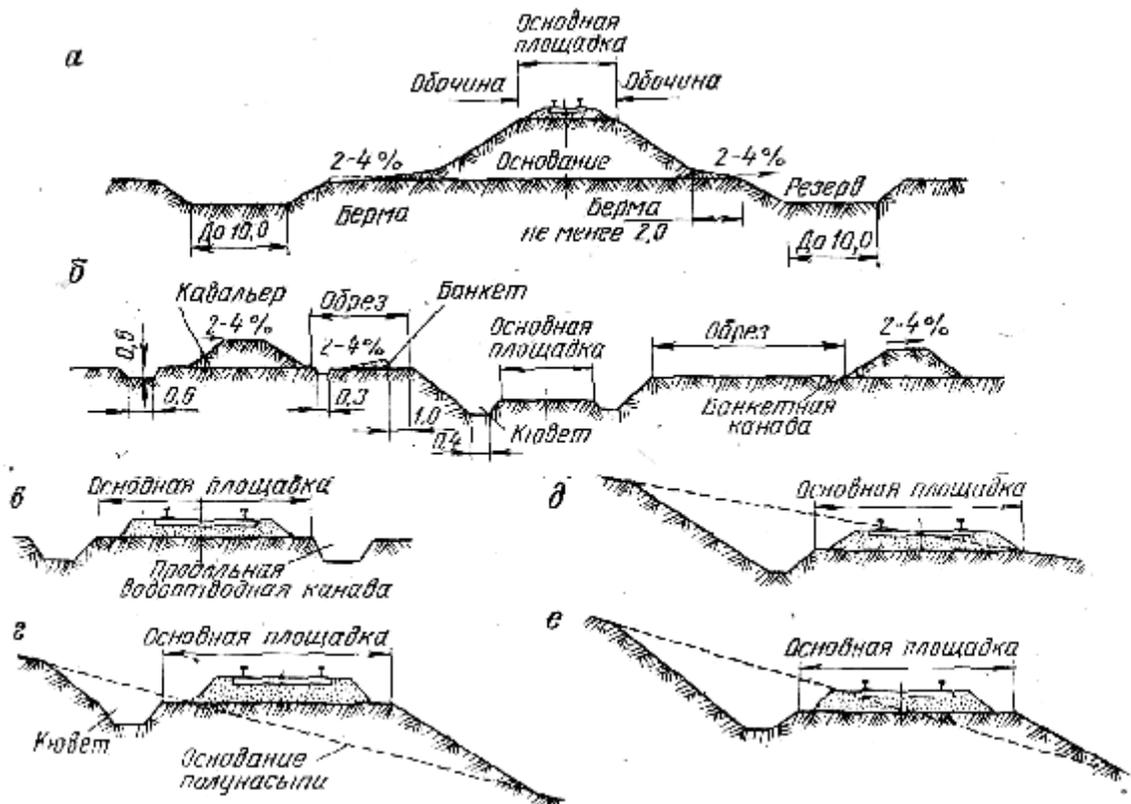


Рис. 3. Поперечные профили земляного полотна:

a — насыпь; *б* — выемка; *в* — нулевое место; *г* — полунасыпь; *д* — полувыемка; *е* — полунасыпь-полувыемка

В условиях карьеров насыпи сооружаются при отвалообразовании и укладке путей на пересеченной местности от карьера до отвалов. Характерной выемкой для карьерных условий являются выездные траншеи. Полувыемки и полунасыпи сооружаются при нарезке уступов, проведении траншей или отсыпке отвалов на косогорах. Крутизна откосов насыпей и выемок измеряется отношением высоты откоса к его заложению. Обычно для насыпей высотой до 10 м откосы выполняются крутизной 1:1,5, а при большей высоте выколаживаются до 1:1,75; 1:2.

Для предохранения земляного полотна от разрушительного действия поверхностных* и грунтовых вод предусматривается ряд водоотводных устройств. В карьерных условиях сооружение водоотводных устройств имеет исключительно важное значение, в частности для отвода воды от земляного полотна уступных и отвальных путей.

При пересечении железной дорогой различных препятствий (рек, оврагов, автогужевых и железных дорог и пр.) возводятся искусственные сооружения, к которым относятся мосты, путепроводы, эстакады, виадуки, трубы, лотки, тоннели, подпорные стенки.

§ 3. Верхнее строение пути

Рельсы

Рельсы служат для направления движущихся колес подвижного состава, восприятия и передачи давления нижележащим элементам верхнего строения пути. Форма рельса определяется характером действующих нагрузок. Так как вертикальная нагрузка является наибольшей, то основной формы рельса является Двутавровое сечение, обладающее наибольшим сопротивлением изгибу. При этом верхняя полка двутавра приспособляется для качения по ней колес подвижного состава, а нижняя — для прикрепления рельса к шпалам.

На железных дорогах СССР применяют широкоподошвенные рельсы (рис. 4, табл. 2).

Т а б л и ц а 2

Размеры основных типов рельсов

| Тип рельса | Колея, мм | Масса 1 м рельса, кг | Размеры рельса, мм | | | |
|------------|-----------|----------------------|--------------------|----------------|----------------|---------------|
| | | | Высота | Ширина головки | Ширина подошвы | Толщина шейки |
| P75 | 1520 | 75,1 | 192 | 75 | 160 | 20,0 |
| P65 | 1520 | 64,93 | 180 | 75 | 150 | 18,0 |
| P50 | 1520 | 51,51 | 152 | 70 | 132 | 15,5 |
| P43 | 1520 | 44,65 | 140 | 70 | 114 | 14,5 |
| P24 | 750 | — | 107 | 51 | 92 | 10,5 |
| P18 | 750 | — | 90 | 40 | 80 | 10,0 |

Рельсы имеют стандартную длину: для широкой колеи 12,5 и 25 м, для узкой колеи 7 и 8 м. Переход на рельсы длиной 25 м обуславливает уменьшение числа стыков, улучшение условий взаимодействия пути и подвижного состава, а также сокращение расхода металла на стыковые скрепления, что дает значительный экономический эффект. Сокращение числа стыков достигается, кроме того, свариванием рельсов.

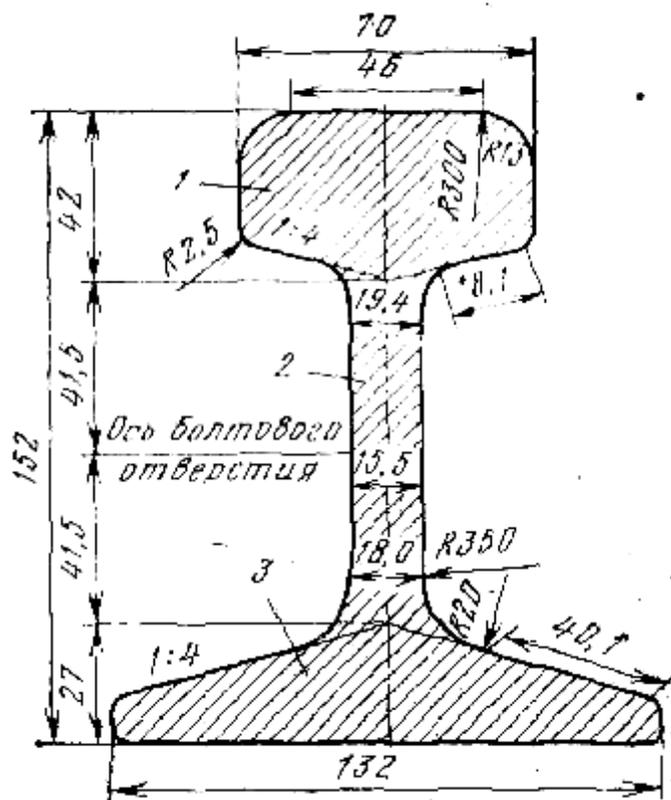


Рис. 4. Рельс P50:

1 — головка; 2 — шейка; 3 — подошва

Основными повреждениями, из-за которых рельсы необходимо заменять, являются изломы, отколы головки или подошвы, трещины у отверстий стыковых болтов. Повреждения рельсов появляются в основном из-за неисправности ходовых частей подвижного состава, так как в связи с ними возникают значительные динамические нагрузки на рельс, например при выбоинах на бандажах колес и в результате неудовлетворительного состояния пути (искривления в плане и профи-

ле).

Износ рельсов зависит от грузонапряженности линии и нагрузки на ось подвижного состава. Предельная величина износа рельсов всех типов для главных путей допускается: вертикального 9 мм, и горизонтального 10 мм.

Особенно велик износ рельсов в кривых малого радиуса (обычно наружной нити). Лучшим способом снижения износа боковых граней рельсов является их смазка. Опытами и практикой установлено, что при смазывании боковых граней рельсов интенсивность их износа уменьшается в 5—10 раз. При этом значительно уменьшаются также износ гребней колес и сопротивление движению поездов в кривых.

Промежуточные рельсовые скрепления

Рельсовые скрепления делятся на промежуточные — для соединения рельсов со шпалами и стыковые — для соединения рельсов между собой в стыках.

В комплект промежуточного рельсового скрепления входят подкладки, прикрепители (костыли, шурупы или болты) и прокладки.

Подкладки под рельсы служат для передачи давления от рельсов на шпалы. Благодаря применению подкладок уменьшается износ шпал и увеличивается сопротивление боковому сдвигу рельсов. Уклон клинчатых подкладок 1:20 обеспечивает подуклонку рельсов, равную уклону поверхности катания колес подвижного состава.

Прокладки под подошву рельса или под подкладку (резиновые или деревянные) используются для смягчения ударов от подвижного состава и увеличения срока службы шпал.

До настоящего времени на карьерных путях распространено прикрепление рельсов к шпалам костылями. Как видно из схемы (рис. 5, а), внутренние костыли сопротивляются выдергиванию из шпалы, а наружный — отжатию под действием горизонтальной силы. Сопротивление выдергиванию костыля из новой шпалы составляет около 20 кН (после годичной эксплуатации 6—7 кН), сопротивление отжатию примерно в 1,3 раза меньше.

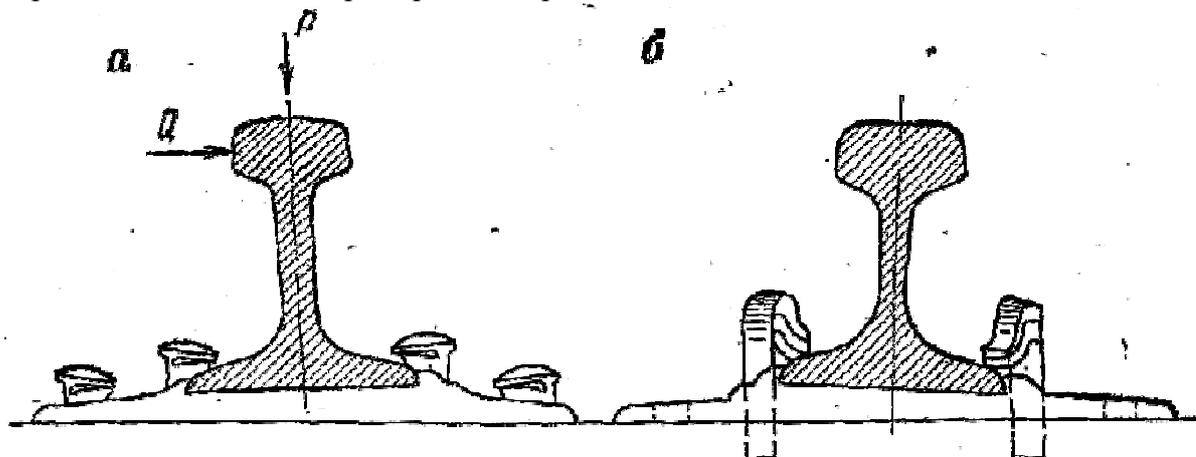


Рис. 5. Костыльное скрепление рельсов со шпалами.

При использовании пружинных костылей (рис. 5, б) рельс упруго прижат к подкладке, благодаря чему смягчаются удары, передаваемые на шпалы. По сравнению с жесткими костылями пружинные костыли имеют повышенное сопротивление выдергиванию.

При переноске и передвижке рельсо-шпальной решетки в карьерах с помощью кранов и путепередвигателей ввиду недостаточного сопротивления костылей выдергиванию часто происходят отрыв шпал и потеря костылей с подкладками, что снижает эффективность работ по перемещению рельсо-шпальной решетки. Поэтому для карьерных условий более целесообразно применение шурупного скрепления рельсов со шпалами (рис. 6), при котором сопротивление выдергиванию в 1,5—2 раза больше, чем при костыльном. Кроме того, шурупное скрепление обеспечивает более плотное прижатие подкладки к шпалам, т. е. большую устойчивость пути.

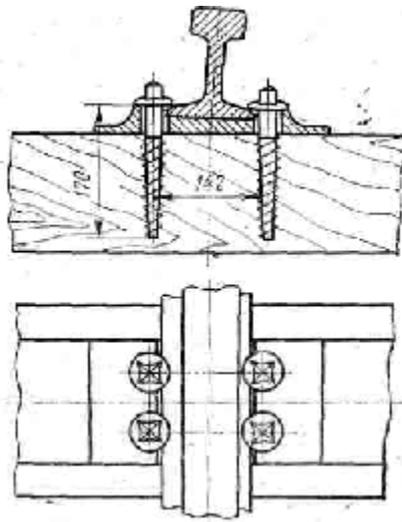


Рис. 6. Шурупное крепление рельсов со шпалами

Опыт применения шурупного крепления на магистральных дорогах, а также на карьерах Урала, Дальнего Востока и Башкирии подтвердил надежность этого вида рельсового крепления. На ввертывание шурупов затрачивается больше времени, чем на забивку костылей, однако с применением средств механизации трудоемкость этой операции значительно снижается.

Еще более прочным является болтовое крепление рельсов со шпалами прижимного или клинового типа, при котором в качестве прикрепителей используют сквозные болты и прижимы или клинья.

Для болтового крепления универсального типа (рис. 7, а) используются специальные двухреборчатые подкладки и два прижима. Для предохранения шпалы предусмотрены прямоугольные подкладки под шпалу. Каждый прижим имеет прорезь, с помощью которой, ослабив гайки и отодвинув прижимы, можно освободить рельс. Болтовое крепление надежно при переноске звеньев благодаря возможности с большими усилиями выдергивать звенья кранами из балластного слоя и земляного полотна.

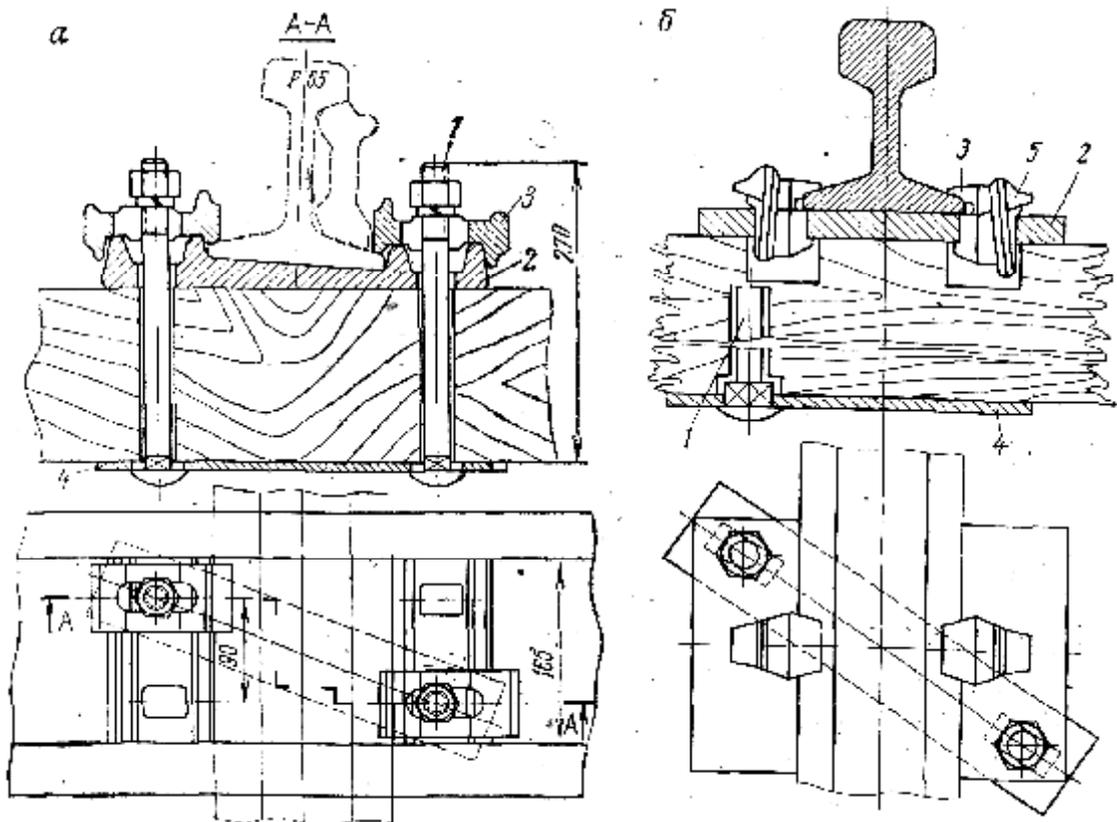


Рис. 7. Болтовое крепление рельсов со шпалами:

1 — болт; 2 — подкладка; 3 — прижим; 4 — подкладка под шпалу; 5 — клин

Болтовое соединение клинового типа (рис. 7, б) находит применение при передвижке пути путепередвижателями непрерывного действия. В этом случае подкладка крепится к шпале сквоз-

ными болтами независимо от рельса, а рельс самостоятельно соединяется с подкладкой. Крепление рельса к подкладке производится двумя прижимами, которые вставляются в отверстия подкладки и заклиниваются специальными клиньями. Разбирается скрепление выдергиванием клиньев. Болтовое соединение клинового типа обеспечивает некоторую подвижность рельсов, необходимую при непрерывной передвигке рельсо-шпальной решетки.

Стыковые рельсовые крепления

По расположению стыков по отношению друг к другу на разных рельсовых нитях различают стыки вразбежку и стыки по наугольнику. Во втором случае стыки на обеих рельсовых нитях находятся на одной нормали к продольной оси. На путях, перемещаемых отдельными звеньями, необходимо расположение стыков по наугольнику.

Концы рельсов соединяются между собой стыковыми накладками (рис. 8). На путях широкой колеи при рельсах Р50 и Р65 приняты двухголовые накладки (рис. 8, а), обладающие большой жесткостью.

На путях, рельсо-шпальная решетка которых перемещается путепередвижателями непрерывного действия, стыковые накладки имеют форму, оставляющую свободной нижнюю часть головки рельса для прохождения роликов захватывающего устройства путепередвижных машин (рис. 8, б).

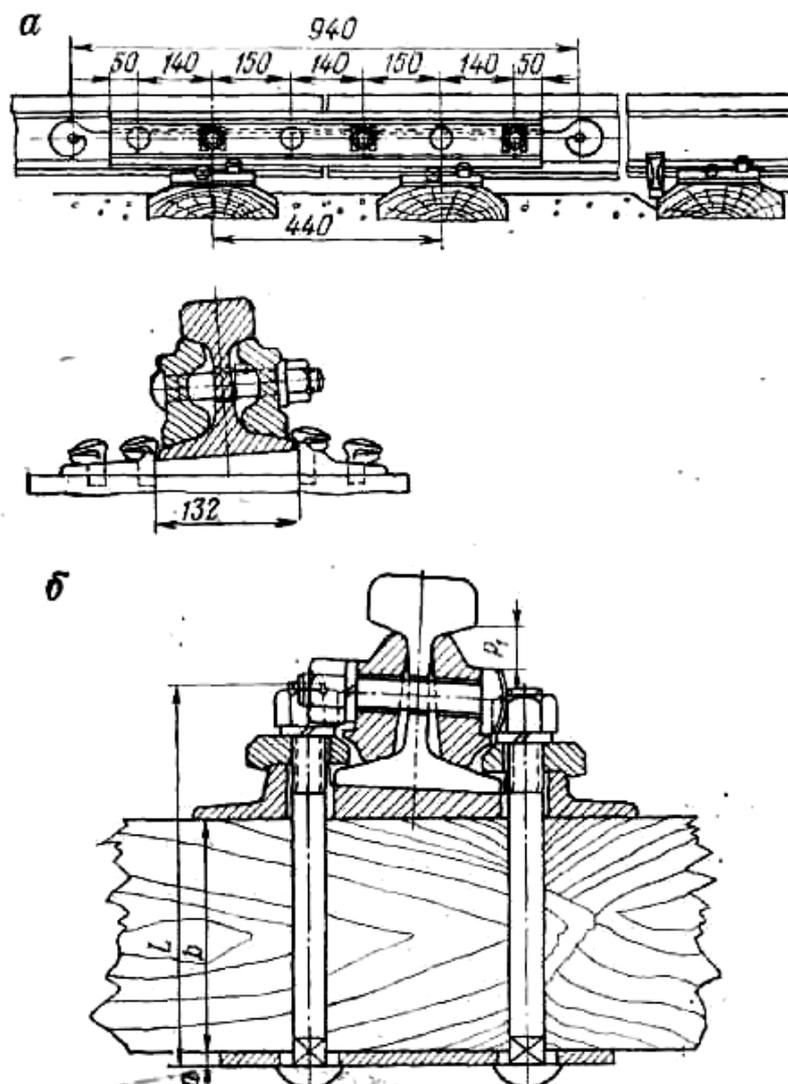


Рис. 8 Стыковое рельсовое укрепление

Накладки с рельсами соединяются стыковыми болтами. Для предотвращения самоотвинчивания гаек используют пружинные шайбы.

При применении автоблокировки для регулирования движения поездов возникает необходимость электрически изолировать друг от друга отдельные участки пути. Для этого под металлические накладки и в стыковой зазор помещается изолирующая прокладка, а на стыковые болты надеваются изолирующие втулки.

На электрифицированных участках пути, где рельсы служат обратным проводом, для уменьшения падения напряжения в рельсовой цепи выполняются электрические стыковые соединения рельсов гибким медным тросом. Концы троса зажимаются, в манжеты, которые привариваются к головкам рельсов. Для путей с перемещаемой рельсо-шпальной решеткой применяют болтовое прикрепление электрических соединителей.

Шпалы

Шпалы служат для соединения рельсовых ниток железнодорожной колеи и передачи давления от подвижного состава на балластный слой.

Число шпал на 1 км пути зависит от нагрузки на оси подвижного состава, грузонапряженности линий, скорости движения поездов, типа рельсов и балластного слоя, качества земляного полотна, плана и профиля пути. Число шпал на 1 км-пути принимается: для колеи 1520 мм—1440, 1600, 1840, 1920 и 2000; для колеи 750 мм— 1500, 1625, 1750 и 1856.

При увеличении числа шпал на километр повышаются прочность и устойчивость пути, так как снижается, удельное давление на балластный слой и земляное полотно. Вместе с тем расстояние между шпалами должно быть не менее 25 см, иначе затрудняется подбивка шпал балластом. Шпалы раскладывают равномерно и только по концам рельсового звена стыковые и предстыковые шпалы укладывают с меньшим интервалом.

При работе цепных многочерпаковых экскаваторов, абзетцеров и транспортно-отвальных мостов применяют многорельсовые пути с числом рельсовых ниток от 4 до 8. Их укладывают на сплошные или раздельные шпалы (брусья).

Материалом для шпал служат дерево, железобетон и металл. Наибольшее распространение получили деревянные шпалы — упругие, легкие, дешевые и удобные при производстве путевых работ. Основными размерами шпал являются ширина верхней и нижней постели, толщина и длина. Для колеи 1520 мм длина шпал равна 2,75 м, для колеи 750 мм—1,5 м.

Недостатком деревянных шпал является быстрый выход из строя из-за подверженности гниению, поэтому для увеличения срока службы шпалы, уложенные на стационарных карьерных путях, пропитываются противогнилостными составами (антисептиками). Однако на открытых разработках шпалы выходят из строя главным образом в результате механического износа. В первую очередь это относится к путям на уступах, и отвалах, рельсо-шпальная решетка которых подвергается периодическому перемещению. Срок службы таких шпал не более двух-трех лет.

При коротком сроке службы стоимость шпал на карьерах достигает 25 % стоимости верхнего строения пути, поэтому проводятся различные мероприятия по увеличению срока службы шпал. Основными из таких мероприятий являются: пропитка шпал, укладываемых на стационарных путях; предварительное просверливание отверстий для костылей и шурупов (предохранение шпал от раскалывания); оковка торцов шпал бандажами из полосового железа; правильные условия хранения шпал до их укладки в путь; применение шурупного и болтового скреплений; периодический ремонт шпал на звеносборочных базах.

Долговечность стационарных путей значительно повышается в случае применения железобетонных шпал. Струнобетонные шпалы представляют собой балки переменного сечения, армированные проволочными струнами. После натяжения проволок форма с помощью вибраторов заполняется бетонной смесью. Когда бетон затвердевает, напряжение с арматуры снимается и бетон сжимается. Опыт показывает, что предварительно напряженный железобетон является долговечным материалом, способным выдерживать значительные динамические нагрузки.

Основное распространение на железных дорогах СССР получили брусковые струнобетонные шпалы с предварительно напряженной арматурой, рассчитанные на применение рельсов Р60 и Р65. Шпалы этого типа не подвергаются гниению, допускают большие напряжения и лучше сопротивляются перемещениям, но менее упруги, имеют большую массу и более дороги по сравнению с деревянными.

На бурогольных карьерах ГДР и ФРГ в некоторых случаях используют штампованные металлические шпалы из проката специального профиля или сварные из существующих профилей проката. Металлические шпалы в 2—3 раза дороже деревянных, но имеют повышенную прочность и срок службы 15— 20 лет.

Балласт

Стационарные железнодорожные пути в карьерах укладываются на балластный слой, ос-

новное назначение которого — равномерное распределение давления и смягчение ударов от подвижного состава на земляное полотно, отвод поверхностных вод, защита земляного полотна от промерзания, увеличение сопротивления сдвигу рельсо-шпальной решетки.

В последние годы в связи с ростом осевых нагрузок подвижного состава и скоростей его движения на балласт укладываются также передвижные пути. Дополнительные затраты на балластировку пути полностью оправдываются повышением скорости движения поездов, снижением аварийности и уменьшением трудовых затрат по текущему содержанию пути.

Расход балласта при балластировке 1 км составляет: стационарных путей 1500—2000 м³, перемещаемых 600—1000 м³.

Материалом для балластировки путей служат щебень размером 20—70 мм, галька, гравий, крупнозернистый песок. На путях с перемещаемой рельсо-шпальной решеткой для балластировки используют также вскрышные породы и уголь, если они по своим свойствам близки к балластным материалам.

Толщина балластного слоя определяется свойствами грунтов земляного полотна и нагрузкой на ось подвижного состава. Для колеи 1520 мм толщина балласта изменяется от 0,25 до 0,40 м на постоянных путях и от 0,15 до 0,25 м на путях с перемещаемой рельсо-шпальной решеткой.

Выбор конструкции верхнего строения железнодорожного пути основывается на расчете пути на прочность и на технико-экономической оценке различных вариантов.

При расчетах на прочность определяют напряжения и деформации в элементах железнодорожного пути и устанавливают наименьшую допустимую мощность пути в зависимости от веса обращающегося подвижного состава, грузонапряженности и скоростей движения.

В условиях открытых разработок пути подвергаются дополнительному динамическому воздействию в момент загрузки вагонов экскаваторами и при разгрузке вагонов на отвалах, а также при отрыве рельсовых звеньев во время перемещения рельсо-шпальной решетки на новую трассу.

В табл. 3 приведены типы рельсов для железнодорожных путей в карьерах, целесообразные для применения при различных осевых нагрузках подвижного состава.

Т а б л и ц а 3 .

Типы рельсов на карьерных железнодорожных путях

| Осевая нагрузка, кН | Постоянные пути (главные перегоны, пути выездных траншей) | Перемещаемые пути при основании трасс | |
|---------------------|---|---------------------------------------|--------------|
| | | устойчивом | неустойчивом |
| 200—250 | P50 | P43 | P50 |
| 250—300 | P65 | P50 | P65 |
| 300—350 | P65 | P50 | P65 |
| | P75 | P65 | |
| 330—400 | P65 | P65 | P65 |
| | P75 | | P75 |

§ 4. Устройство рельсовой колеи

Устройство рельсовой колеи характеризуется: шириной колеи, подуклонкой рельсов, взаимным расположением рельсов по уровню на прямых и кривых участках, кривизной в плане и профиле.

Шириной рельсовой колеи называется расстояние между внутренними гранями головок, рельса, измеренное перпендикулярно к оси пути.

На открытых горных разработках Советского Союза применяются четыре типа колеи: 1520, 1000, 900 и 750 мм. Стандартными для СССР являются нормальная широкая колея 1520 мм и узкая колея 750 мм. В большинстве зарубежных стран нормальной является; колея 1435 мм.

При выборе ширины колеи для рельсового транспорта учитывают грузооборот, расстояние транспортирования, размеры карьера и характеристику применяемого оборудования. Узкая колея требует меньших капитальных затрат, однако эксплуатационные расходы, связанные с перевозкой 1 т груза по узкой колее, значительно выше. Поэтому узкая колея применяется в карьерах небольшой мощности, в большинстве случаев при грузообороте не более 2—3 млн. т в год.

На прямых участках пути допускаются отклонения от нормальной ширины для колеи 1520 мм в сторону уширения на 6 мм и в сторону сужения на 2 мм, для колеи 750 мм — соответственно на 4 и 2 мм.

На кривых участках пути для облегчения прохождения подвижного состава колея уширяется в зависимости от радиуса кривой так, чтобы ширина колеи в кривой, складываемая из нормальной ширины с установленными допусками и уширениями, не превышала 1546 мм.

На путях с перемещаемой рельсо-шпальной решеткой на прямых и кривых участках разрешается содержать колею одинаковой ширины 1535 мм с отклонениями по уширению 10 мм и по сужению 4 мм.

При прохождении кривых малого радиуса колесные пары подвижного состава усиленно нажимают на наружный рельс, изнашивая его и расстраивая колею. Этого удается избежать, укладывая у внутренней рельсовой нити контррельсы, которые принимают на себя боковое давление и отжимают колесную пару от наружного рельса. Однако следует иметь в виду, что при установке контррельсов существенно увеличивается сопротивление движению поездов в кривых.

На прямых участках постоянных путей верх головок рельсов обеих нитей должен находиться на одном уровне. Отклонение по уровню допускается: на главных путях нормальной колеи до 4 мм, на прочих путях до 8 мм, на путях с перемещаемой решеткой до 20 мм, на путях узкой колеи ± 3 мм.

На кривых участках пути выполняется возвышение наружного рельса над внутренним для компенсации возникающей центробежной силы.

Максимальные возвышения составляют: для нормальной колеи 150 мм, для узкой — 40 мм. Небольшое возвышение наружного рельса в кривой осуществляется поднятием на балласт наружных концов шпал. При значительном возвышении основную площадку земляного полотна планируют с уклоном.

Расстояние между путями определяется в основном их назначением и условиями размещения (табл. 4).

Т а б л и ц а 4

Расстояние между путями

| Пути | Расстояние между осями путей, м | |
|--|---------------------------------|------------|
| | нормальное | наименьшее |
| Главные и смежные с ними | 5,3 | 4,8 |
| То же, при безостановочном следовании поездов по главному пути | 5,3 | 5,3 |
| Приемно-отправочные и сортировочные | 5,3 | 4,8 |
| Главные приемно-отправочные при установке между путями светофоров | 5,3 | 5,3 |
| Второстепенные специальные (например, для сто янки подвижного состава) | 4,8 | 4,5 |
| Пути, между которыми устанавливаются опоры контактной сети | 6,5 | 6,5 |
| Пути, на которых производится безотцепочный ремонт вагонов | 5,3 | 5,3 |

§ 5. Соединения и пересечения путей

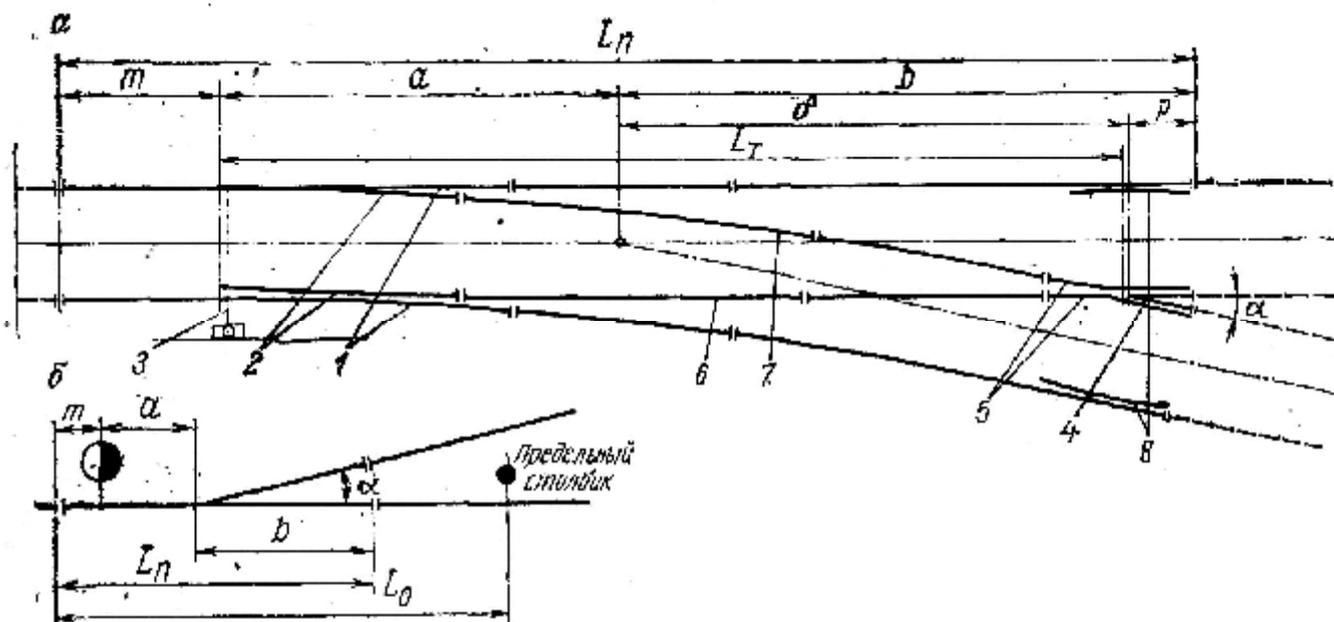


Рис. 9. Обыкновенный стрелочный перевод:
a — схема; *б* — изображение в осях

Для соединения нескольких путей служат стрелочные переводы и глухие пересечения. Стрелочным переводом называется устройство, служащее для перевода подвижного состава с одного пути на другой.

Наиболее простым является одиночный стрелочный перевод (рис. 9, *a*), в котором один из разветвляющихся путей сохраняет прямое направление.

Стрелочный перевод состоит из стрелки, крестовины с контррельсами, соединительной части и комплекта переводных брусьев.

Стрелкой называется часть стрелочного перевода, состоящая из двух рамных рельсов *1*, двух остряков (или перьев) *2* и переводного механизма *3*. Рамные рельсы, к которым прилегают остряки, являются продолжением путевых рельсов. Они укладываются на специальных подкладках или сплошных металлических листах — лафетах. Остряки служат для направления подвижного состава на тот или иной путь и представляют собой отрезки рельсов длиной 6,5—8,0 м, остроганные с одной стороны для плотного прилегания к рамным рельсам и для накатывания на них колес подвижного состава. Остряки связываются между собой соединительной тягой. Передний острый конец остряка называется острием, противоположный конец — корнем. Перемещение остряков из одного положения в другое осуществляется поворотом их в корневом креплении. При любом положении стрелки один из остряков прижимается к рамному рельсу, а второй отодвигается, образуя зазор для прохода колес подвижного состава.

Переводной механизм служит для перевода стрелки из одного положения в другое и может быть ручным или дистанционным (механическим или электрическим).

Крестовина стрелочного перевода, предназначенная для пропуска гребней колес подвижного состава в местах пересечения рельсовых ниток, состоит из сердечника *4* и двух усювиков *5*. Математическим центром крестовины называется точка пересечения граней сердечника, однако фактически сердечник заканчивают острием толщиной 6—10 мм. Горлом крестовины называется наименьшее расстояние между усювиками. Промежуток от горла крестовины до острия, где колеса не направляются рельсовыми нитями, называется вредным, или мертвым, пространством. Направление колес на этом участке обеспечивается контррельсами *8* длиной 3—5 м.

Стрелочные переводы характеризуются углом α , под которым пересекаются грани сердечника крестовины. Маркой крестовины (или маркой стрелочного перевода) называется отношение основания сердечника крестовины к его высоте

$$\frac{1}{N} = 2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \approx \operatorname{tg} \alpha$$

На карьерных железнодорожных путях нормальной колеи применяются стрелочные переводы с крестовинами марки $\frac{1}{11}$ и не круче $\frac{1}{9}$.

Соединительная часть стрелочного перевода состоит из прямолинейного отрезка пути *б* и

криволинейного 7, называемого переводной кривой.

Стрелочные переводы укладываются на переводных брусках, имеющих поперечное сечение как у шпал. Длина самых коротких брусков 2750 мм, самых длинных — 5500 мм. В обыкновенных переводах марки $1/9$ число брусков в комплекте составляет 60—63.

На путях карьерного транспорта получили распространение одиночные, односторонние и разносторонние (симметричные) стрелочные переводы. Стрелочный перевод называется правым, если ответвляемый путь, считая от стрелки к крестовине, отклоняется вправо. Одиночный стрелочный перевод называется симметричным, если оба пути отклоняются от первоначального направления под равными углами, и несимметричным, если углы отклонения путей, не равны. Стрелочные переводы являются пошерстными, если поезда движутся от крестовины к стрелке, и противощерстными — при движении от стрелки к крестовине. Для обеспечения большей безопасности движения на главных путях желательнее укладывать пошерстные стрелочные переводы.

Основной точкой, определяющей положение стрелочного перевода, является центр перевода, лежащий на пересечении осей соединяемых путей. Главные размеры, необходимые для укладки стрелочных переводов:

α — угол крестовины;

m — расстояние от стыков рамных рельсов до начала острьяков;

a — расстояние от начала острьяков до центра стрелочного перевода;

δ — расстояние от центра стрелочного перевода до математического центра крестовины;

p — расстояние от математического центра крестовины до хвостового стыка крестовины;

b — расстояние от центра стрелочного перевода до хвостового стыка крестовины.

Теоретической длиной стрелочного перевода L_T называется расстояние от начала острьяков до математического центра крестовины, измеренное по оси прямого пути.

Практической (полной) длиной стрелочного перевода называется расстояние от начала рамных рельсов до хвостового стыка крестовины

$$L_{\Pi} = m + \alpha + \delta + p$$

На планах станций разъездов, когда пути условно изображают одной линией, стрелочные переводы показывают лишь осями (рис. 9, б).

При соединении двух путей стрелочным переводом в междупутье на определенном расстоянии от центра стрелочного перевода устанавливается предельный столбик, находящийся там,, где расстояние между осями сходящихся путей нормальной колеи равно 4100 мм при широкой колеи и 3200 мм при узкой.

В табл. 5 приведены основные размеры стрелочных переводов, применяемых на карьерных путях.

Т а б л и ц а 5

Основные размеры стрелочных переводов

| Показатели | Марка стрелочного перевода | | | |
|--|----------------------------|-------|-------|--------|
| | 1/11 | 1/9 | 1/9* | 1/7* |
| Длина острьяка, м | 6,84 | 4,5 | 3,00 | 2,998 |
| Полная длина перевода, м: | | | | |
| L_T | 28,37 | 22,41 | 13,46 | 12,227 |
| $m + a$ | 12,73 | 10,09 | 5,234 | 4,879 |
| b | 15,64 | 12,32 | 8,226 | 6,708 |
| Радиус переводной кривой, м | 200 | 117 | 80,37 | 50,37 |
| Расстояние от начала перевода до предельного столбика, м | 49,3 | 36,8 | — | — |

* При узкой колеи

На станциях и разъездах стрелочные переводы встречаются в различных сочетаниях, из которых наиболее часты съезды и стрелочные улицы.

Съездом называется устройство, соединяющее два пути и состоящее из двух стрелочных переводов и участка соединительного пути.

При несокращенных съездах (рис. 10, а) соединительный путь располагают под углом, равным углу крестовины.

Размеры несокращенного съезда

$$x = (2b + d) \cos \alpha = \frac{e}{\operatorname{tg} \alpha},$$

где d — длина прямой вставки между хвостами крестовины;
 e — расстояние между осями соседних путей;

$$d = \frac{e}{\sin \alpha} - 2b;$$

$$L = 2(a + m) + x.$$

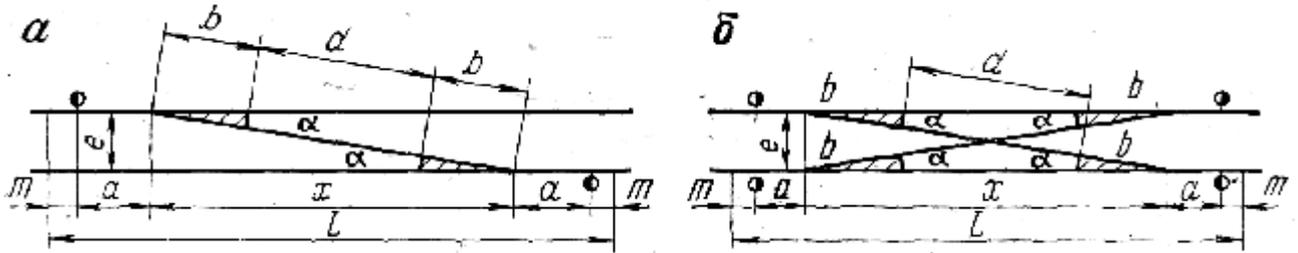


Рис. 10. Схемы стрелочных съездов

Если для укладки обыкновенных съездов разного направления нет участка пути достаточной длины, то укладывается перекрестный съезд. В конструкцию перекрестного съезда кроме двух пар стрелочных переводов входит глухое пересечение (рис. 10, б). Длина перекрестных съездов та же, что и соответствующих простых съездов.

Взаимное расположение стрелочных переводов, размещенных на одном пути, определяется условиями соединения путей между собой. При укладке встречных переводов по одну сторону основного пути (рис. 11, а) между началом стрелочных переводов укладывают вставку длиной 6,5 м из рельсов того же типа, что и рамные рельсы. При укладке встречных стрелочных переводов по разные стороны пути (рис. 11, б) создаются наиболее неблагоприятные условия для прохода подвижного состава, следующего с одного бокового пути на другой, поэтому на главных путях между началом стрелочных переводов рекомендуется укладывать рельсовое звено стандартной длины.

При попутной укладке стрелочных переводов (рис. 11, в) на главных путях между хвостом крестовины и стыком рамного рельса соседних стрелочных переводов рекомендуется иметь вставку длиной 4,5 м.

Стрелочной улицей называют железнодорожный путь, от которого последовательно ответвляется несколько параллельных путей. Стрелочные улицы применяют для создания путевого развития станций. В зависимости от угла, под которым стрелочная улица наклонена к основному пути, различают несколько ее видов.

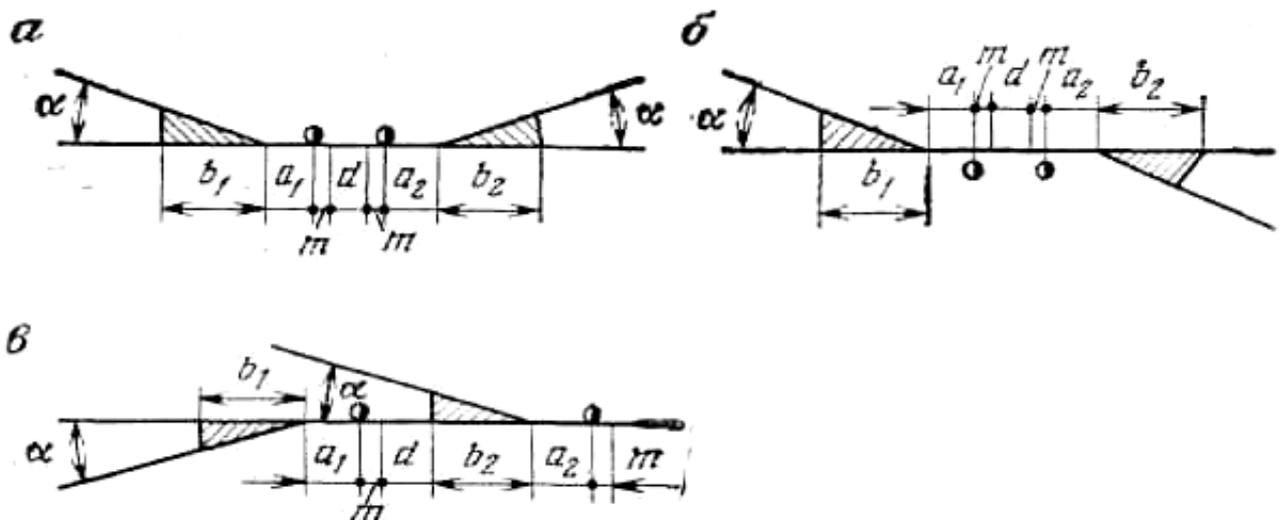


Рис. 11. Схемы взаимного расположения стрелочных переводов

1. Стрелочная улица на основном пути (рис. 12, а). Все стрелочные переводы принимают с одинаковыми марками крестовин. Размеры стрелочной улицы можно определить, проектируя ее элементы на продольную и поперечную оси.

Полная длина

$$L_{II} = a + m + x(n - 1) + (b + g + T) \cos \alpha + T,$$

где x — расстояние между центрами соседних стрелочных переводов;

n — число путей, не считая основного;

g — расстояние между хвостом крестовины и началом переводной кривой, определяемое по формуле

$$g = \frac{en}{\sin \alpha} - (b + T);$$

T — тангенс переводной кривой.

2. Стрелочная улица под углом крестовины (рис. 12, б). В этом случае также укладывают стрелочные переводы с крестовинами одинаковых марок. Полная длина стрелочной улицы

$$L_{II} \approx a + m + xn + T = a + m + \frac{en}{\sin \alpha} + T.$$

При стрелочных улицах (рис. 12, а и б) длина отдельных путей различна. Так как на самом коротком пути должен разместиться поезд определенной длины, то остальные пути получаются длиннее чем нужно. Общая длина стрелочной улицы с углом наклона, равным углу крестовины, получается значительной, поэтому такой тип стрелочной улицы применяют лишь при малом числе ответвляемых путей.

3. Сокращенные стрелочные улицы применяют при большом числе путей, когда необходимо увеличить их полезную длину и сократить общую длину. Возможны две схемы сокращенных стрелочных улиц (рис. 12, в и г).

В первом случае стрелочную улицу укладывают под предельным углом наклона β (больше угла крестовины). Для этого после первого стрелочного перевода устраивают промежуточную кривую радиусом, примерно равным стрелочной кривой. Стрелочные переводы на улице такого типа укладывают один за другим без прямых вставок. Тогда угол наклона стрелочной улицы можно определить по известным значениям расстояния между осями путей e и практической длины стрелочного перевода L_{II} :

$$\sin \beta = \frac{e}{L_{II}}$$

Во втором случае для увеличения угла наклона стрелочная улица отклоняется дважды под углом крестовины, так что угол между стрелочной улицей и основным путем равен двойному углу крестовины. Стрелочные улицы такого типа требуют уширения междупутья по сравнению с обычным.

4. Веерные стрелочные улицы представляют собой ломаную линию, от которой расходятся отдельные пути, располагающиеся параллельно. Веерные улицы бывают концентрические, в которых радиусы поворота отдельных путей одинаковы (рис. 12, д), и концентрические, в которых все кривые описаны из одного центра (рис. 12, е).

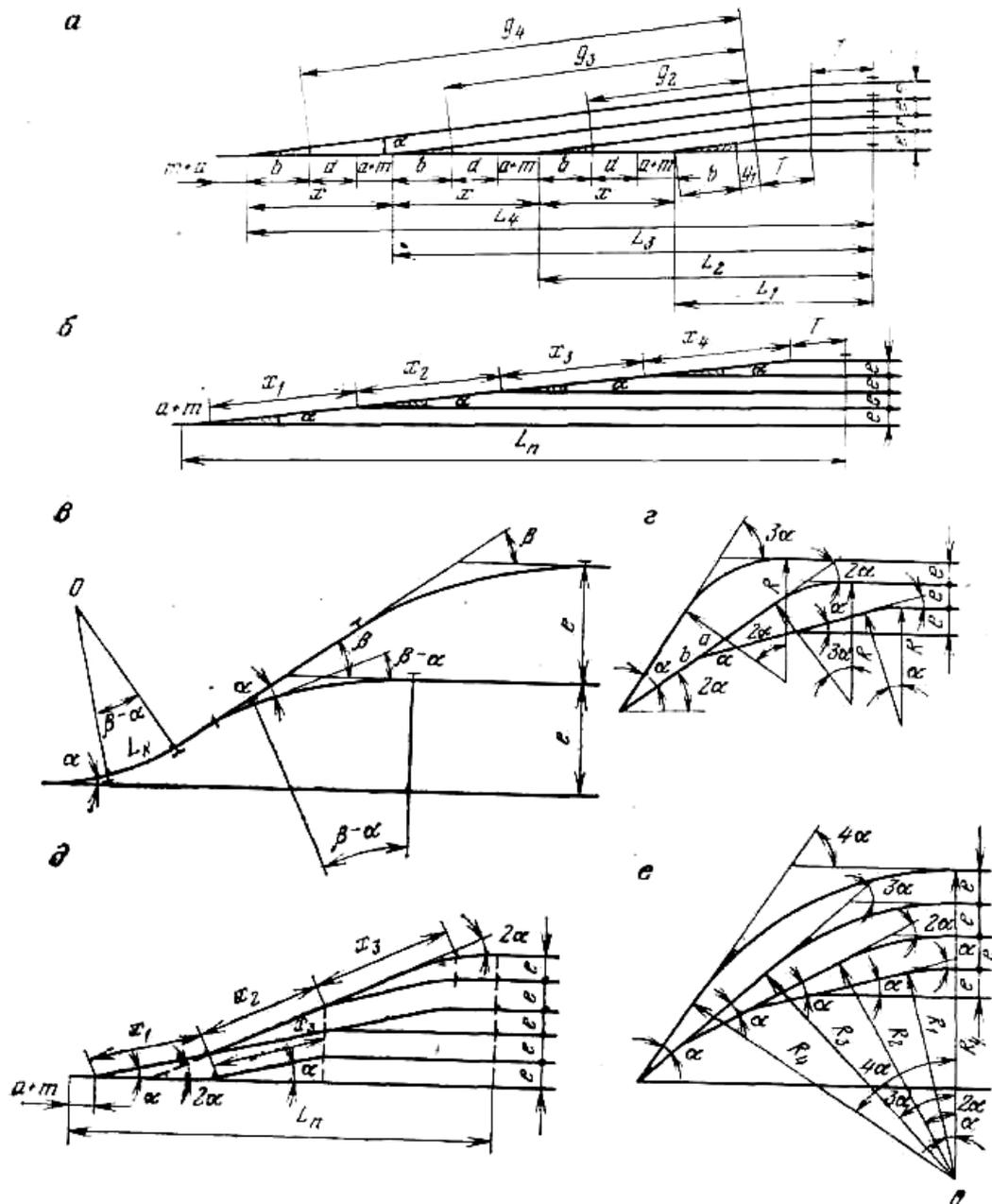


Рис. 12. Стрелочные улицы

В условиях карьеров веерные стрелочные улицы находят применение в пунктах разветвления отвальных или забойных путей.

ГЛАВА 2. ПУТЕВЫЕ РАБОТЫ В КАРЬЕРАХ

Пути в карьерах по условиям эксплуатации, назначению, расположению и конструкции разделяются на стационарные (постоянные) и перемещаемые (временные).

Стационарные пути укладывают на определенной трассе на длительный срок, иногда даже на весь срок службы карьера.

Временные пути периодически перемещают по мере подвигания или развития фронта горных работ.

По назначению пути с перемещаемой рельсо-шпальной решеткой разделяются на забойные (на добычных или вскрышных уступах), пути отвальных уступов, пути скользящих съездов и соединительные внутрикарьерные пути.

К стационарным путям относятся:

а) траншейные пути внешних и внутренних капитальных траншей;

б) поверхностные — пути, соединяющие траншеи со станциями или непосредственно с отвалами; породные станции с отвалами; траншеи и станции с обогатительными, брикетными фабриками и т. д., станции «Угольная», «Рудная» или пути погрузочных бункеров со станцией примыкания МПС;

в) станционные — приемно-отправочные пути и второстепенные пути (экипировочные, резервные и т. д.);

г) вспомогательные пути — обслуживающие механические мастерские, вагоноремонтные пункты, склады (ВВ, материально-технические, площадки по сборке и ремонту рельсовых звеньев, гаражи путевых машин и другие подсобные предприятия) и т. д.

Различный характер путей стационарных и с перемещаемой рельсо-шпальной решеткой определяет и различие в условиях движения по ним: практически скорость движения по стационарным путям ограничивают величиной 40—50 км/ч, по перемещаемым 20—25 км/ч.

§ 1. Содержание и ремонт постоянных путей

Работы по содержанию и ремонту стационарных путей (на них приходится 15—20 % общих затрат на путевые работы в карьерах) разделяются на текущее содержание, подъемочный ремонт, средний ремонт, капитальный ремонт и реконструкцию пути.

1. Текущее содержание пути заключается в проведении комплекса работ, необходимых для содержания пути в постоянной исправности. Номенклатура работ по текущему содержанию пути и их объемы изменяются в течение года в зависимости от эксплуатационных условий работы пути на карьере, климатических условий и конструкции пути.

На текущее содержание 1 км пути в год расходуется в среднем: рельсов около 10 т, накладок 0,7 т, подкладок 1,5 т, шпал 450 шт. Трудоемкость текущего содержания составляет 1.80—200 чел-смен.

К наиболее часто встречающимся видам ремонтно-путевых работ при текущем содержании пути в карьерах относятся:

а) исправление просадок и перекосов пути способом подсыпки или способом подштопки и подбивки балласта;

б) одиночная смена и перегонка шпал. Если в результате работы пути шпалы смещаются относительно их первоначального положения, производят их перегонку, т. е. установку их в пути по эпюре первоначальной укладки. Поломанные и сильно изношенные шпалы подлежат замене новыми или отремонтированными;

в) одиночная смена рельсов;

г) рихтовка пути, т. е. исправление пути в плане (на прямых однопутных участках ведется по правой нити, считая по ходу пикетажа, на двухпутных — по внутренним рельсовым нитям);

д) перешивка пути по шаблону в случаях уширения или сужения колеи против нормы (производится после рихтовки);

е) регулировка и разгонка стыковых зазоров;

ж) очистка и смазка стрелочных переводов;

з) очистка канав и кюветов;

и) исправление мелких повреждений земляного полотна.

Порядок проведения планово-предупредительных работ при текущем содержании, пути

может быть следующим.

Сначала производятся разгонка и регулировка стыковых зазоров с постановкой недостающих противоугонов. Затем сменяются негодные шпалы, ликвидируются просадки пути, производятся рихтовка и перешивка пути. Проверяется и исправляется подуклонка рельсов, производятся засыпка междушпальных ящиков балластом и выправка балластной призмы.

Надежная работа рельсовых путей в зимний период обеспечивается заблаговременным проведением предупредительных мероприятий. До наступления морозов должны быть ликвидированы все неисправности пути, а также приняты профилактические меры по предупреждению возникновения неисправностей в зимний период, когда ремонтные работы осложнены. Подготовительная работа должна быть такой, чтобы в течение зимнего периода ремонт заключался лишь в устранении неисправностей в объеме, предусмотренном текущим содержанием пути.

Наиболее распространенный вид ремонта пути в зимнее время — ликвидация пучин, возникающих вследствие замерзания воды, попавшей внутрь земляного полотна. Для предупреждения возникновения пучин в летний период должны быть тщательно проверены все водоотводные устройства и исключена возможность застоя воды.

Для ограждения стационарных путей от снежных заносов используются лесные насаждения из кустарника или деревьев, а также решетчатые заборы или переносные щиты. Однако на неогражденных стационарных и тем более на перемещаемых путях возникает необходимость в своевременной и бесперебойной очистке путей от снега для обеспечения нормального движения поездов.

2. Подъемочный ремонт пути заключается в сплошной подбивке всех шпал с необходимой подъемкой пути, пополнении и необходимой очистке щебня и замене негодных шпал. Назначается подъемочный ремонт с целью восстановления несущей и дренирующей способности балластного слоя.

3. Средний ремонт состоит из очистки щебеночного балластного слоя с пополнением щебня, оздоровления шпального хозяйства, ремонта водоотводных и укрепительных сооружений.

Средний ремонт назначается в зависимости от состояния балластного слоя и производится отдельными участками или целыми перегонами. Время между средними ремонтами составляет 2—4 года. На средний ремонт 1 км пути расходуется примерно 300 шпал, 500 м³ балласта и 0,04—0,05 т рельсов. Трудоемкость среднего ремонта составляет 300—450 чел-смен.

4. Капитальный ремонт заключается в сплошной замене рельсов новыми того же типа или более мощными, смене шпал или укладке железобетонных шпал, оздоровлении земляного полотна, ремонте водоотводных сооружений, подъемке пути на свежий балласт.

Капитальный ремонт должен быть организован так, чтобы нормальное движение поездов на участке прерывалось на минимальное время. Для этого весь комплекс работ по капитальному ремонту "делится на предварительные, подготовительные, основные и отделочные работы.

Из-за значительной трудоемкости и сжатых сроков работы •на капитальном ремонте путей используется значительное количество рабочей силы и средств механизации.

Сроки проведения капитального ремонта пути определяются количеством перевезенного груза, вследствие чего возникает предельно допустимый износ рельсов.

Межремонтный период составляет обычно 6—8 лет. Ориентировочно на капитальный ремонт 1 км пути расходуется 90 т рельсов, 17 т подкладок, 50 т накладок, 4,3 т костылей, 450 шт. шпал и 900 м³ балласта. Трудоемкость капитального ремонта 1 км стационарных путей составляет 500—800 чел-смен.

5. Реконструкция пути состоит в улучшении плана и профиля участка пути, переустройстве горловин, ограничивающих скорости и провозную способность. При реконструкции производятся полное оздоровление земляного полотна и усиление верхнего строения пути.

§ 2. Путевые работы на перемещаемых путях

Характер работ на перемещаемых путях в карьерах несколько иной, чем на стационарных. Объясняется это тем, что рельсо-шпальная решетка перемещаемых путей через сравнительно короткие промежутки времени (3—6 мес.) перемещается вслед за фронтом горных работ. Объем работ по перемещению рельсо-шпальной решетки и устройству путей зависит от размеров перевозок, интенсивности горных работ и схемы путевого развития в карьере.

Путевые работы на перемещаемых путях разделяются на две основные группы: текущее

содержание и работы по перемещению рельсо-шпальной решетки.

Текущим содержанием предусматривается проведение профилактических мер для предупреждения неисправностей пути и аварийных работ. Основные неисправности передвижных путей — просадки и перекосы пути, уширение колеи, угон пути, нарушение водоотводных устройств. Одной из тяжелых и трудоемких работ по текущему содержанию является выправка пути в профиле, перешивка шпал и одиночная их смена.

Трудовые затраты на текущее содержание 1 км пути составляют 500—800 чел-смен в год.

Перемещение рельсо-шпальной решетки на новую трассу осуществляется тремя способами: переноской, передвижкой или перевозкой. Способ перемещения рельсо-шпальной решетки зависит от горно-технических условий и типа применяемого путеукладочного оборудования.

Переноска производится при перемещении путевой решетки на ширину заходки экскаватора. Для этого рельсовые звенья разъединяются в стыках и отдельно переносятся на новую трассу.

Перевозка приурочивается к укладке пути на новых горизонтах или проведению массовых взрывов. Отдельные звенья разбираемого пути на платформах перевозятся для укладки на новую трассу.

При передвижке рельсо-шпальной решетки рельсовые стыки не разъединяются. Путь последовательно многократно сдвигается волочением в сторону до тех пор, пока не займет требуемого нового положения.

Каждому из видов перемещения рельсо-шпальной решетки предшествуют подготовительные работы: планировка земляного полотна на новой трассе, устройство водоотвода и расчистка рельсо-шпальной решетки на старой трассе.

Крановая переноска звеньев

На карьерах Советского Союза наиболее широкое применение получил способ перемещения рельсо-шпальной решетки кранами с предварительной разборкой на звенья. При крановой переноске звеньев осуществляются планировка трассы, собственно переноска и послеукладочный ремонт. Большое значение имеет тщательность планировки трассы, благодаря которой сокращается последующий объем работ по выправке трассы пути.

Переноска рельсовых звеньев (рис. 13) начинается с разболчивания и разъединения стыковых соединений. Затем следуют установка крана для захватывания звена, спуск прицепного устройства, захватывание звена и его подъем, переноска и спуск звена на новую трассу, отцепка прицепного устройства и переезд крана к следующему звену.

Применяемые способы крановой переноски рельсо-шпальной решетки звеньями делятся на два основных: отступающим ходом и наступающим ходом.

При переноске отступающим ходом кран движется по старой трассе, от тупика к стрелке примыкания, перенося звенья на новую трассу (рис. 13, а). При этом, если экскаватор движется к пункту примыкания, переукладочные работы можно начинать еще до окончания отработки экскаваторного блока. Необходимо лишь на уступном пути выполнить упор, чтобы исключить возможность подхода поездов к крану. Вместе с тем путь может быть введен в работу только после полной переноски на всей длине. Преимуществами этого способа работ являются повышенная производительность крана и безопасность работы на звеньях новой трассы вне зоны действия крана.

При переноске наступающим ходом кран движется по настилаемому пути (рис. 13, б). Для этого сначала укладывается резервное звено или первые звенья сдвигаются в сторону. Преимущество этого способа — возможность начинать экскаваторные работы сразу же по окончании путевых работ. Однако производительность - переноски в этом случае снижается из-за необходимости вести черновую выправку пути, чтобы обеспечить условия движения крана по уложенным звеньям.

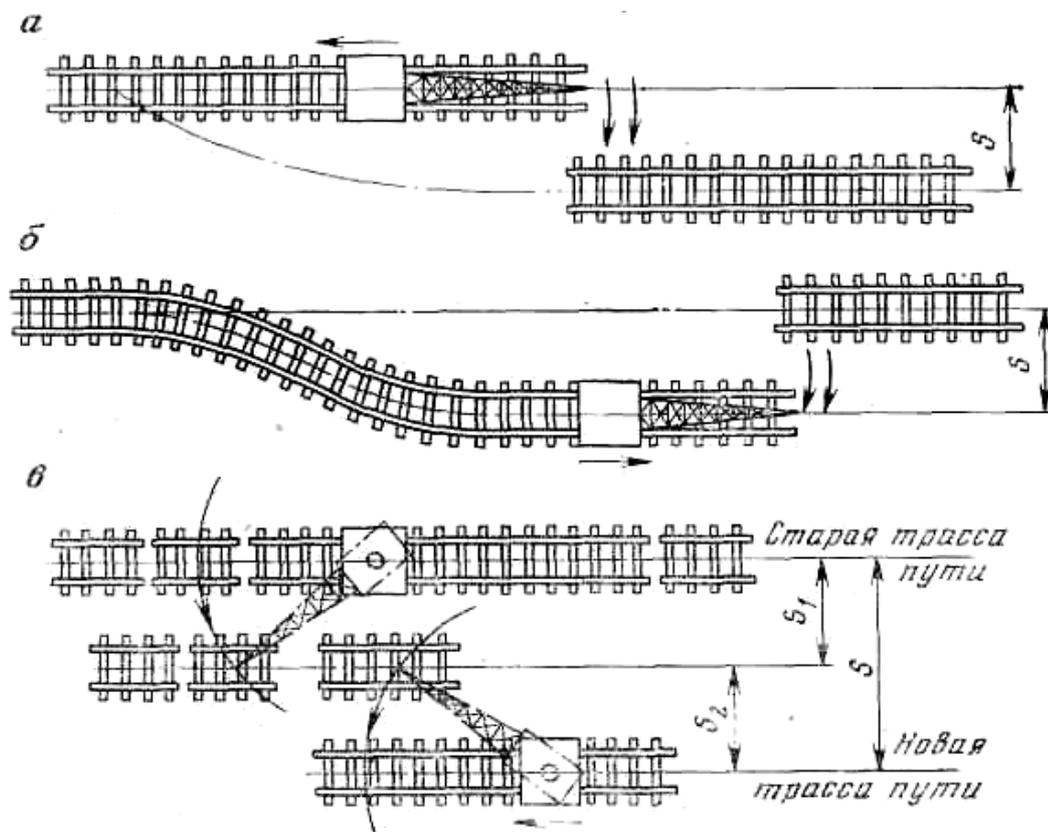


Рис. 13. Схемы переноски рельсовых звеньев

Если шаг переноски рельсо-шпальной решетки больше допустимого вылета крана, применяют комбинацию обоих способов переноски (рис. 13, в). За первый цикл работ кран отступающим ходом ведет укладку звеньев (без их сборки) на промежуточную трассу. За второй цикл при работе наступающим ходом ведется окончательная укладка звеньев на новую трассу. Подобная схема работ используется обычно при переукладке пути на отвалах.

Производительность стрелового крана P_k (м/смену) при переукладке пути

$$P_k = \frac{60T_{см} l_3 k_в}{t_ц}$$

где l_3 — длина звена, м.;

$t_ц$ — время рабочего цикла, мин;

$k_в$ — коэффициент, учитывающий использование времени смены.

Фактическая сменная производительность крановой переукладки отступающим ходом при различных схемах составляет 150—250 м готового к эксплуатации пути в смену. Численность бригады составляет при этом 7—9 чел.

Нужно иметь в виду, что крановая переукладка рельсо-шпальной решетки весьма трудоемкий процесс, в котором отдельные механизированные операции чередуются с ручным трудом (все операции по подготовке звеньев к переноске и различные мелкие доделочные операции), относительная доля которого весьма значительна. Трудоемкость процесса крановой переукладки составляет 130—160 чел-смен/км, общие затраты 1500—2000 руб/км.

Для переукладки рельсовых звеньев в карьерах основное распространение получили стреловые краны на железнодорожном ходу с дизельной и дизель-электрической силовой установкой (табл. 6).

Характеристика стреловых кранов

| Показатели | Тип или предприятие-производитель крана | | | |
|---|---|------------------------------|-----------|-----------|
| | КЖДЭ-4-25 | Завод им. С. М. Кирова (ГДР) | КНД-15 | КДЭ-161 |
| Грузоподъемность, т | 25/13,5 | 15/6,5 | 15/7,5 | 16/7,4 |
| Грузоподъемность при максимальном вылете крюка, т | 3,0/0,6 | 5,0/3,25 | 2,25/1,35 | 2,9/1,9 |
| Вылет крюка, м | 5,5-12/5,5-22 | 5-12/10-20 | 5-12/5-15 | 5-14/5-18 |
| Длина стрелы, м | 15/25 | 12-16/22 | 14/18 | 15/20 |
| Скорость передвижения, км/ч | 6,1 | 31,6 | 11,6 | 10,4 |
| Мощность двигателя, кВт | 110 | 73,5 | 73,5 | 84,5 |
| Масса крана, т | 70,4 | 105 | 49,6 | 52,7 |

Примечание. Данные в числителе — при нормальной стреле, в знаменателе — при удлиненной.

Наряду с железнодорожными получают применение гусеничные краны СГК-25, СГК-30 и МГК-20. Они используются при шаге переукладки 28—30 м и в первую очередь при переукладке пути на отвалах. Их главное преимущество — маневренность.

Необходимый вылет крюка (расстояние от оси поворота крана до прицепного устройства) определяется шириной экскаваторной заходки. При работе экскаваторов ЭКГ-4,6 шаг переукладки пути составляет 13—15 м, для экскаваторов ЭКГ-8 — 18—20 м. При верхней погрузке экскаваторами ЭВГ-4 и ЭВГ-6 шаг переукладки составит соответственно 20—24 и 33—39 м.

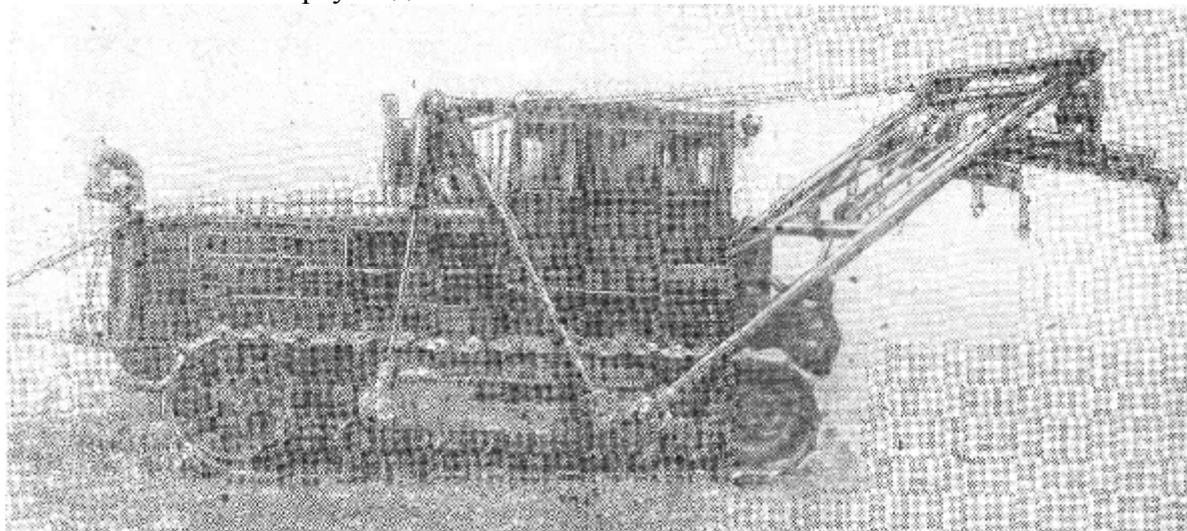


Рис. 14. Тракторный путепереукладчик

При работе на отвалах экскаваторов ЭКГ-4 и ЭКХ-8 шаг переукладки составляет соответственно 22—24 и 25—28 м.

Как видно из табл. 6, при значительной максимальной грузоподъемности (15—25 т) стреловые краны при больших вылетах стрелы в состоянии поднять лишь относительно небольшой груз.

Необходимая грузоподъемность крана определяется усилием, возникающим при отрыве рельсового звена от грунта. Масса одного звена длиной 12,5 м в зависимости от типа рельса, числа шпал и количества налипшего на шпалы грунта составляет 2,5—4,5 т. Усилия при отрыве звеньев от основания пути составляют 40—100 кН. В зимних условиях вследствие примерзания шпал к основанию пути усилия отрыва значительно увеличиваются и поэтому необходимо предварительно производить очистку шпал от грунта или отрыв с помощью путепередвигателей циклического действия или других средств.

Для переноски рельсовых звеньев при большом шаге перемещения распространение получают тракторные путепереукладчики (рис. 14).

Тракторный путепереукладчик состоит из базовой машины (чаще бульдозера) и навесного оборудования для захвата и подъема звеньев. К настоящему времени рядом научно-исследовательских институтов и горнодобывающих предприятий созданы образцы тракторных путепереукладчиков на базе тракторов Т-100 и Т-140.

Институтом НИИОГР создан тракторный путепереукладчик-планировщик КПП-12,5 для

использования на карьерах при планировке трасс и перемещения рельсовых звеньев длиной 12,5 м. Грузоподъемность путепереукладчика 6 т, скорость подъема и опускания груза 0,45 м/с. После разборки стыковых соединений к навесному устройству прицепляется очередное звено и поднимается лебедкой. Затем трактор, двигаясь перпендикулярно к оси пути, укладывает его на новую трассу. Возможна спаренная работа двух тракторов для одновременной переноски двух неразъединенных звеньев длиной по 12,5 м или одного длиной 25 м.

Преимущества такого вида механизации – мобильность оборудования и отсутствие ограничений по линейным параметрам, т. е. возможность переноски звеньев в один прием на требуемое расстояние. Сменная производительность переукладки пути машинами КПП-12,5 составляет 180–200 м.

Передвижка рельсо-шпальной решетки путепередвижателями циклического действия

Для передвижки и ремонта рельсовых путей без разборки на звенья применяют путепередвижатели циклического (прерывного) действия. Передвижка производится без разборки на рельсовые звенья, но с разрывом пути на отдельные участки.

Путепередвижатель циклического действия (рис. 15) представляет собой двухосную платформу, на которой смонтированы двигатель внутреннего сгорания, подъемно-реечный механизм и рычаги направления. Внизу к платформе прикреплен механизм захвата, с помощью которого платформа жестко соединяется с рельсами. Машина устанавливается в пункте намеченного перемещения рельсо-шпальной решетки, и приводится в действие механизм захвата рельсов. Затем опорный башмак рейки опекается между двумя шпалами. При включении подъемного механизма поднимается вся тележка путепередвижателя, а вместе с ней и рельсы со шпалами. При этом усилие, развиваемое двигателем и направленное по наклонной рейке, разлагается на две составляющие: вертикальную, поднимающую путь, и горизонтальную, смещающую путь в сторону.

Передвижку производят двумя приемами: перекидыванием или сдвиганием.

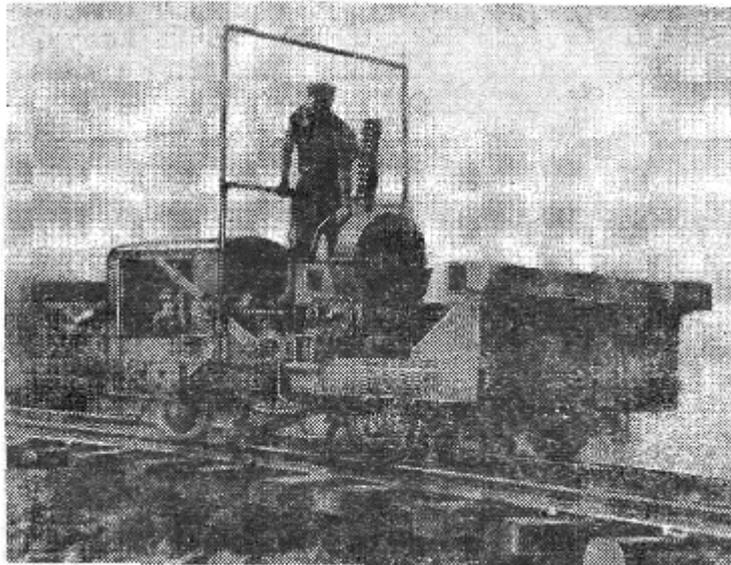


Рис. 15. Путепередвижатель циклического действия

Перекидывание применяют тогда, когда шпалы значительно погружены в грунт и оказывают большое сопротивление боковому сдвигу. В этом случае для получения большой подъемной силы рейку первоначально устанавливают под углом 5—15° к вертикали и путь перемещают при сравнительно высоком подъеме машины.

Сдвигание целесообразно, если шпалы лежат на прочном основании или слабо погружены в грунт. При этом рейка устанавливается под углом 30—40°.

Практически используют оба приема, т. е. сначала путь перекидывают, а затем дополнительно сдвигают. При высоте подъема пути 0,5—0,6 м шаг передвижки составляет 0,7—0,9 м.

Техническая производительность (м²/ч) путепередвижателя прерывного действия

$$P_{\Pi} = 60 \frac{bl}{t_{\text{ц}}},$$

где b — шаг передвижки, м;

l — расстояние между точками установки путепередвижателя, обычно 10—15 м;

$t_{ц}$ — время, затрачиваемое на цикл передвижки, включая переезды, мин; продолжительность цикла составляет 4—6 мин.

Техническая производительность путепередвижателей прерывного действия составляет 100—150 м²/ч.

Производительность может быть повышена увеличением шага и интервала установки машины, однако в таком случае снижается качество работы (остаточные деформации рельсов, разрыв болтов на стыках и пр.).

Ниже приведены технические характеристики путепередвижателей циклического действия.

Характеристика путепередвижателей циклического действия

| | ПП-3 | ПУ-30 |
|---|----------|----------|
| Грузоподъемность, т _____ | 30 | 32,8 |
| Мощность, кВт _____ | 60 | 51,5 |
| Боковое смещение за одну установку, м _____ | 0,45—0,9 | 0,45—0,8 |
| Скорость передвижения, км/ч _____ | 6—38 | 5—59 |
| Длина, мм _____ | 4370 | 4470 |
| Ширина, мм _____ | 2210 | 2420 |
| Высота, мм _____ | 2840 | 2750 |
| Масса, т _____ | 5,5 | 4,97 |

Путепередвижатели циклического действия используются главным образом при ремонте пути. Применение их при значительном шаге передвижки неэкономично.

Передвижка рельсо-шпальной решетки путепередвижателя непрерывного действия

При работе цепных многочерпаковых экскаваторов непосредственно на железнодорожный транспорт или на транспортно-отвальный мост требуется непрерывная передвижка рельсо-шпальной решетки на шаг, соответствующий толщине стружки, снимаемой экскаватором.

Путепередвижатель непрерывного действия (рис. 16, а) состоит из ходовой части, рамы и механизма захвата рельсов. Принцип действия путепередвижателей заключается в том, что при помощи роликовых захватов (рис. 16, б) рельсо-шпальная решетка приподнимается на 10—30 см и непрерывно сдвигается в сторону при движении путепередвижателя со скоростью 5—15 км/ч.

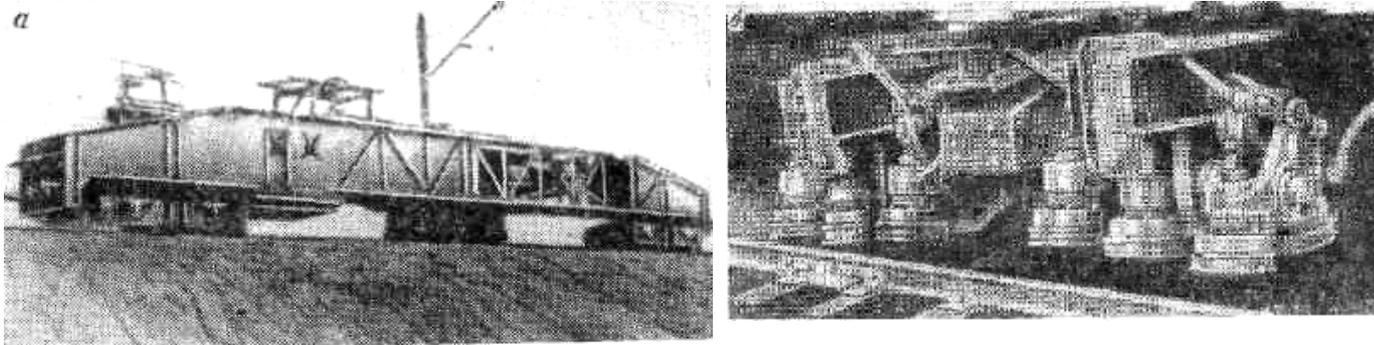


Рис. 16. Путепередвижатель непрерывного действия мостового типа:

а — общий вид; б — роликовый захват

По конструкции путепередвижатели непрерывного действия делятся на мостовые, консольные и комбинированные, а по способу передвижения — на самоходные и прицепные.

Самоходные путепередвижатели оборудованы электрическими двигателями с питанием от контактной сети или двигателями внутреннего сгорания. Прицепные путепередвижатели прицепляются к транспортно-отвальным мостам, многочерпаковым экскаваторам или локомотивам.

У путепередвижателей мостового типа механизм подъема и смещения путей расположен в пролете мостовой рамы, между ходовыми тележками. При передвижке передняя по ходу тележка путепередвижателя движется по старой трассе пути, а задняя — по новой. Передвижатели мостового типа не могут перемещать последние 10—15 м пути в тупике, и поэтому требуется применение дополнительно тракторов или иных средств.

Консольные путепередвижатели имеют роликовые захваты, установленные на вынесенной вперед консоли. Консольно-мостовые путепередвижатели имеют два комплекта роликовых захватов: в середине мостовой рамы и на консоли. Масса путепередвижателей непрерывного действия составляет 70—100 т. Благодаря большой массе и мощности путепередвижателей непрерывного

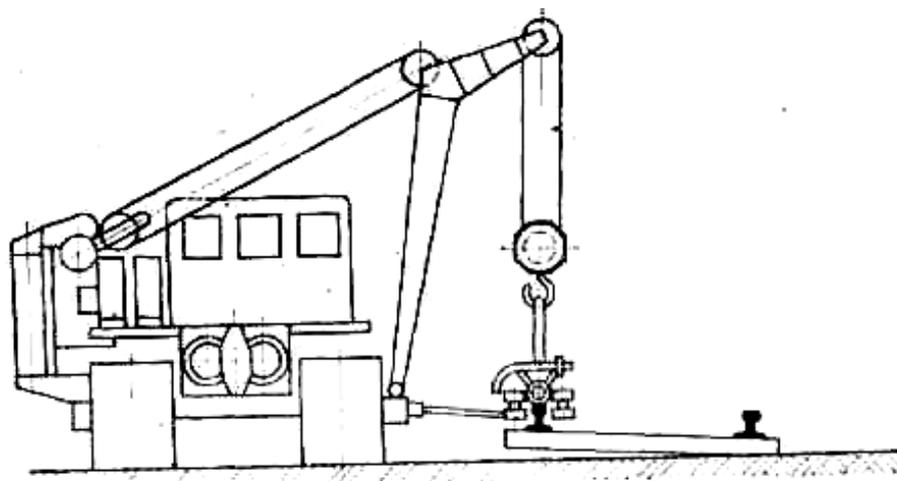
действия с их помощью удастся передвигать путевую решетку, имеющую 7—8 рельсовых ниток.

Одним из главных условий нормальной передвижки путевой решетки машинами непрерывного действия является качественная планировка рабочей площадки и отсутствие на трассе взрыхленной породы, которая в дождливое время вызывает неравномерную осадку шпал и перекосы путей.

При работе в зимнее время и при тяжелых грунтах в летний период перед перемещением производят двукратный подъем путевой решетки при поднятых, но не сдвинутых роликовых захватах. После отрыва шпал от основания приступают к перемещению.

Недостатками путепередвижателей непрерывного действия являются невозможность передвижки стрелочных переводов и затруднения при передвижке криволинейных участков пути. Эти недостатки устраняются при использовании вместо роликовых рельсозахватов мощных электромагнитов.

Непрерывный способ передвижки одиночных путей получает распространение при работе роторных экскаваторов на железнодорожный транспорт. В этом случае нет необходимости применять тяжелые машины и используют тракторные путепередвижатели на колесном или гусеничном ходу (рис. 17).



Направление передвижки пути

Рис. 17. Схема работы тракторного путепередвижателя

После захвата рельсов роликовой головкой и сдвижения их в сторону трактор совершает челноковое движение вдоль пути со скоростью 5—8 км/ч, перемещая рельсо-шпальную решетку на расстояние до 2 м.

Продолжительность передвижки пути (мин)

$$t = \frac{SL}{100bv} + 2c + \frac{L}{v},$$

где S — длина участка передвигаемого пути, м;

L — общее расстояние передвижки, м;

b — шаг одной передвижки, м;

v — скорость движения при рабочем ходе, км/ч ($v = 5 \div 8$ км/ч);

c — время, затрачиваемое на вспомогательные операции в начале работы и по окончании каждого прохода вдоль пути ($c = 5 \div 10$ мин);

$\frac{L}{v}$ — время на рихтовку пути по окончании передвижки, мин.

Основное преимущество непрерывной передвижки пути — высокая производительность и малочисленный обслуживающий персонал.

Обслуживающий персонал в этом случае состоит всего из трех-четырех человек, средняя производительность передвижки составляет 1500—2000 м²/ч на прямых участках и 500—800 м²/ч на кривых. Стоимость работ по непрерывной передвижке пути в 4—5 раз ниже, чем при крановой переноске, главным образом за счет резкого сокращения немеханизированных операций. Однако непрерывная передвижка вызывает дополнительный износ рельсов и расстройство путевой решетки.

Перевозка и укладка рельсо-шпальной решетки

При строительстве карьеров, нарезке новых горизонтов в процессе эксплуатации, перемещении путевой решетки с уступа на уступ и в отдельных случаях перед массовыми взрывами возникает необходимость в разборке и последующей укладке пути. Механизированная разборка и укладка рельсовых звеньев выполняется путеукладочными кранами.

Характеристика путеукладочных кранов

| | УК-12,5 | УК-25/9 | УК-25/21 |
|--|---------|---------|----------|
| Грузоподъемность, т | 4 | 9 | 21 |
| Длина звена, м | 12,5 | 25 | 25 |
| Мощность силовой установки, кВт | 110 | 110 | 110 |
| Тяговое усилие лебедки для передвижения звеньев пакетами, кН | 30 | 30 | 30 |
| Скорость передвижения, км/ч: | | | |
| транспортная | 50 | 50 | 50 |
| рабочая | 5 | 5 | 5 |
| Габариты, мм: | | | |
| длина | 16240 | 48864 | 40800 |
| ширина | 3250 | 3250 | 3250 |
| высота: | | | |
| в рабочем положении | 7055 | 6825 | 6825 |
| в транспортном положении | 5255 | 5285 | 5285 |
| Масса, т | 48,0 | 63,5 | 92,5 |

При работе крана звенья разбираемого пути укладываются штабелями до 10 шт. на прицепленные платформы. При использовании путеукладочных кранов платформы оборудуются роликовыми транспортерами и тяговыми лебедками для перетягивания пакетов рельсовых звеньев на головную платформу при укладке звеньев и в обратном направлении — при разборке.

Укладка и перемещение рельсо-шпальной решетки звеньями требует широкого применения звеносборочных баз в карьерах. Такая организация работ вместо сборки пути на трассе позволяет значительно повысить уровень механизации и качество работ. Помимо сборки новых звеньев и блоков стрелочных переводов здесь можно организовать их ремонт и восстановление отдельных элементов конструкции пути. Кроме того, благодаря наличию на звеносборочной площадке запаса путевых материалов заметно сокращаются сроки укладки путей.

Основными средствами механизации при выполнении работ по сборке звеньев являются стреловые краны на железнодорожном ходу и козловые краны. Звеносборочные базы оборудуются также полным комплектом электрифицированного путевого инструмента и сборочными стендами.

Звеносборочная база представляет собой площадку с двумя-четырьмя путями, вдоль которых размещены стеллажи и перемещаются козловые краны. Здесь же складываются элементы верхнего строения пути (рельсы, шпалы, скрепления) и предусмотрен механизированный инструмент для сборки, ремонта и разборки звеньев.

Со звеносборочной базы готовые звенья грузят пакетами на платформы и доставляют в карьеры к месту укладки кранами или путеукладочными поездами.

Применение звеносборочных баз дает возможность в 2,5—3,5 раза снизить трудоемкость работ по сборке звеньев и в 2—2,5 раза — стоимость работ. Своевременный ремонт рельсо-шпальной решетки и стрелочных переводов позволяет повысить срок службы рельсов, шпал, скреплений, брусьев и деталей стрелочных переводов, а также снизить объем работ по текущему содержанию путей.

Механизация работ и снижение их трудоемкости при сборке рельсо-шпальной решетки и на звеносборочных базах позволяют периодически производить полную разборку уступного пути, вывозку звеньев на базу и последующую укладку отремонтированных звеньев (из числа резервных) на новую трассу.

Звеносборочные базы уже внедряются на карьерах Кривого Рога, Соколовско-Сарбайского комбината, объединений Экиба-стузуголь, Кемеровоуголь и др.

По данным института НИИОГР, при шаге переукладки 14—16 м целесообразно использовать крановую переукладку путевой решетки.

При шаге переукладки 22—24 м становится эффективным использование гусеничных кранов, движущихся между старой и новой трассами путей.

При шаге 32—36 м предусматривается применение тракторных переукладчиков.

Наконец, при шаге 40 м и более рекомендуется применять путеукладочные поезда с разборной путевой решеткой, которая транспортируется и укладывается на новой трассе.

§ 3. Средства механизации путевых работ

Приборы для проверки состояния пути

Для наблюдения за состоянием пути используются ручной инструмент и механизированные средства контроля.

Измерение ширины колеи, определение положения рельсов по уровню и проверка правильности подуклонки рельсов осуществляются универсальным путеизмерительным шаблоном. Шаблон представляет собой стальную трубку с упорами на концах. Один упор неподвижный, а другой — подвижной, соединенный посредством тяги с поводком. При установке шаблона на рельсы поводок прижимают к ручке, при этом подвижной упор подтягивается внутрь колеи. При отпущенном поводке подвижной упор прижимается к рельсу и на шкале указывается ширина колеи. Пределы измерения Шаблона по ширине колеи 1510—1560 мм с точностью до 0,5 мм, по уровню головок рельсов — от 0 до +140 мм с точностью до 1 мм. Для измерения ширины колеи на линиях с автоблокировкой пользуются рабочим путевым шаблоном с изоляцией.

Для непрерывного измерения и регистрации значений ширины колеи и положения рельсов по уровню используют путеизмерительные тележки. Путеизмерительная тележка Матвеевко (масса 20 кг) представляет собой металлическую раму на трех ходовых роликах. Ширина колеи измеряется ходовыми роликами, которые через тяги и пружины связаны с подвижной рамкой и стрелкой пишущего прибора. Прижимаясь под действием пружин к внутренним боковым граням головок рельсов, ролики при отклонении ширины колеи от нормальной отклоняют рамку и связанную с ней стрелку пишущего прибора. Расположение рельсов по уровню определяется маятниковым прибором. Показания обоих механизмов автоматически записываются на бумажной ленте. Тележка передвигается по рельсовому пути со скоростью 5 км/ч.

Кроме проверки состояния рельсовой колеи важное значение имеет своевременное обнаружение дефектов в рельсах — внутренних и наружных трещин, расслоений, раковин и т. п. Обнаруживаются эти дефекты осмотром, простукиванием молотком или с помощью дефектоскопов. Применяемые электромагнитные и ультразвуковые дефектоскопы выполняются чаще всего в виде съемных тележек (по типу путеизмерительных). Работа электромагнитных дефектоскопов основана на перераспределении силовых линий магнитного поля, вызванном дефектом рельса, а ультразвуковых — на поглощении или рассеивании ультразвуковой энергии при наличии дефектов рельсов.

Механизированный путевой инструмент

Для механизации отдельных производственных операций при текущем содержании и ремонте путей используют механизированный инструмент, отличающийся небольшими размерами и массой.

Наиболее распространен инструмент, питаемый энергией от передвижных электростанций. Применение электрифицированного инструмента позволяет, например, механизировать резку и сверление рельсов, подбивку шпал, завертывание шурупов и путевых болтов. На этих операциях используются рельсорезный станок РМ-2, рельсосверлильный станок 10246, рельсошлифовальный станок МРШ-3 и гидравлические домкраты.

Электрошпалоподбойка ЭШП-6 (рис. 18) вибрационного действия предназначена для подбивки балласта под шпалы. Шпалоподбойка состоит из двигателя 1 мощностью 0,4 кВт, подбивочного полотна 2 и рукоятки 3, прикрепляемой к корпусу с помощью амортизационной подвески 4. На валу ротора установлен вращающийся с ним регулируемый дебаланс (неуравновешенный сектор). Дебаланс при вращении создает вибрации корпуса, передаваемые на подбивочное полотно. Возмущающая сила дебаланса передается балласту, который уплотняется. Масса шпалоподбойки 20 кг, производительность >80 шпал/смену.

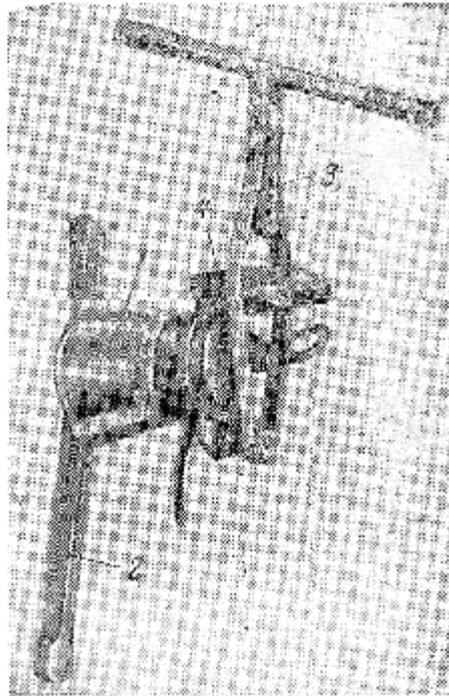


Рис. 18. Электрошпалоподбойка ЭШП-6

В путевом хозяйстве, кроме того, применяются и другие механизмы с электрическим и гидравлическим приводом: электрогаечный ключ ЭК-1, шуруповерт ШВ-1, шпалосверлильные станки, электропневматический костылезабивщик ЭПК-3, гидравлические рихтовщики, гидравлические разгонщики стыковых зазоров РН-02, электрический костылевыдергиватель КВД-1 и др.

Путеремонтные машины

Для комплексной механизации путевых работ требуется внедрение путевых машин, освобождающих путевых рабочих от тяжелых и трудоемких ручных работ (даже при механизированном инструменте) и способствующих значительному повышению их производительности труда.

По назначению основные путевые машины разделяются на машины для:

- а) устройства и ремонта земляного полотна;
- б) укладки, переноски и перевозки рельсо-шпальной решетки;
- в) доставки, дозировки и уплотнения балласта;
- г) подъемки и выправки пути;
- д) борьбы со снежными заносами.

Устройство и ремонт земляного полотна в карьерах производятся экскаваторами, скреперами и особенно часто бульдозерами. Отвод поверхностных вод посредством нарезки новых и очистки старых кюветов, срезка и планировка обочин производятся путевыми стругами, оборудованными крыльями, и мощным отвальным плугом МОР-1 (рис. 19). Плуг состоит из рамы, двух боковых крыльев, пневматического оборудования и системы управления. Масса плуга 61,2 т, наибольший вылет крыла от оси пути 7,5 м, рабочая скорость 6—10 км/ч. Для этих же целей на карьерах используют путепередвигатели непрерывного действия, оборудованные плугами.

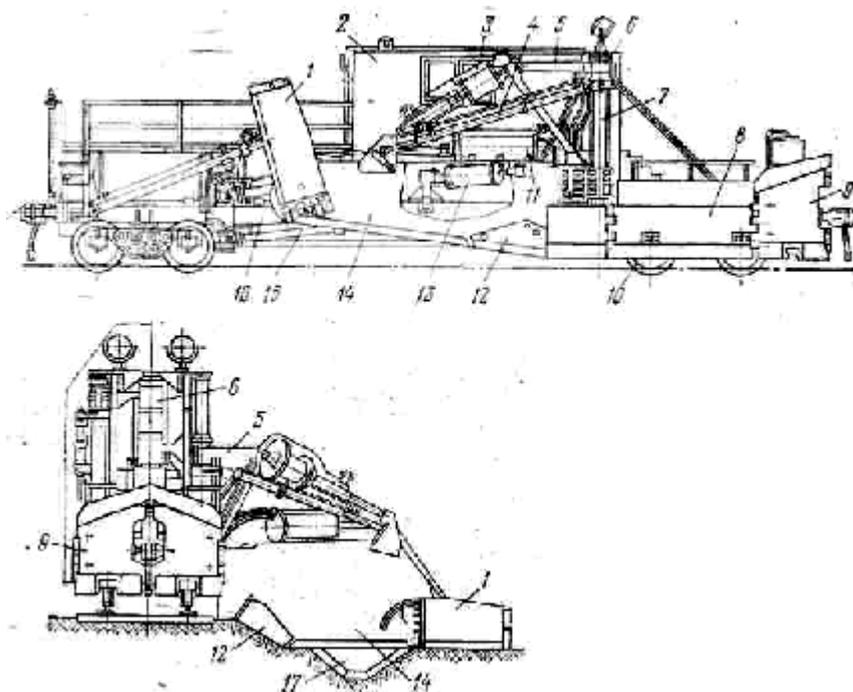


Рис. 19. Отвалный плуг МОП-1:
 1 — откосное крыло; 2 — будка управления; 3 — цилиндр телескопической тяги; 4 — телескопическая тяга; 5 — укосина; 6 — , порталная ферма; 7 — направляющие колонны; 8 — боковые щиты; 9 — носовая часть; 10 — двухосная тележка; 11 — цилиндр наклона откосного крыла; 12 — балластный подкрылок; 13 — цилиндр раскрытия бокового крыла; 14 — боковое крыло; 15 — телескопические распорки; 16 — рама; 17 — кюветная часть

Для перевозки, механизированной разгрузки, дозировки и разравнивания балласта на путевой решетке используются вагоны-дозаторы (рис. 20, а), построенные на базе вагонов типа хоппер.

Вместо обычных разгрузочных люков вагон оборудован разгрузочно-дозировочными устройствами с пневматическим управлением. Разгрузка и дозировка балласта могут осуществляться на всю ширину пути, по сторонам пути, на середину пути, на междупутье и на обочину (рис. 20, б). Подъем и опускание дозатора (рамы, подвешенной под бункерами) производится сжатым воздухом; возможна регулировка количества выгружаемого балласта в пределах от 40 до 1500 м³ на 1 км пути при движении со скоростью 3—5 км/ч. Хоппер-дозатор ЦНИИ-ДВЗ имеет грузоподъемность 60 т и вместимость кузова 40 м³.

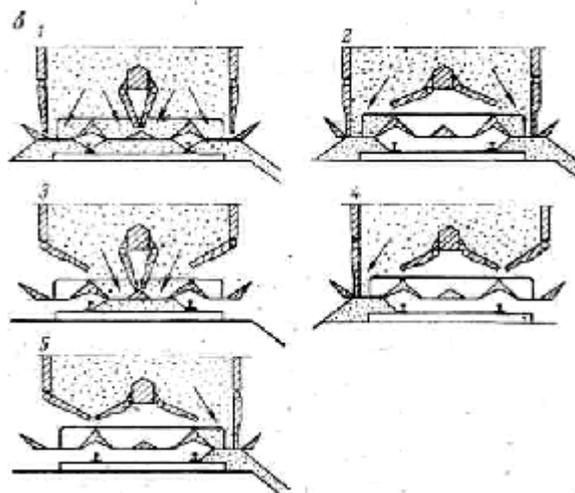
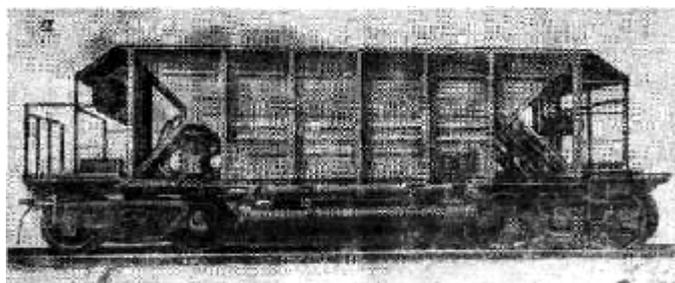


Рис. 20. Вагон-дозатор:

а — общий вид; б — схема разгрузки

(1 — на всю ширину пути; 2 — по сторонам пути; 3 — на середину пути; 4 — на междупутье; 5 — на обочину)

Для уплотнения балласта после балластировки используются шпалоподбивочные машины (рис. 21, а). Машина ШПМ-02 производит уплотнение балласта под одной шпалой с обоих концов с помощью 16 шпалоподбоек.

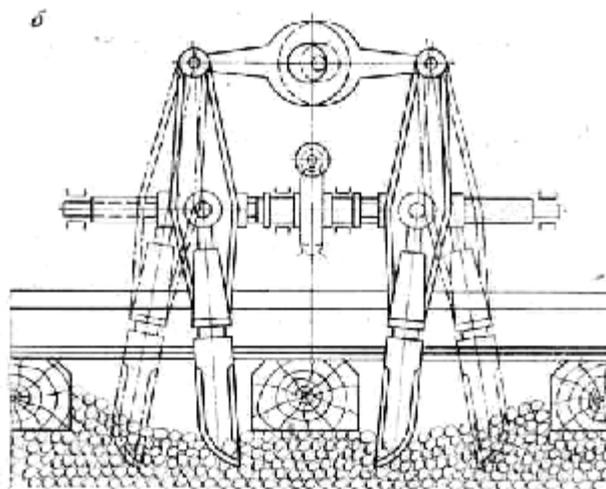
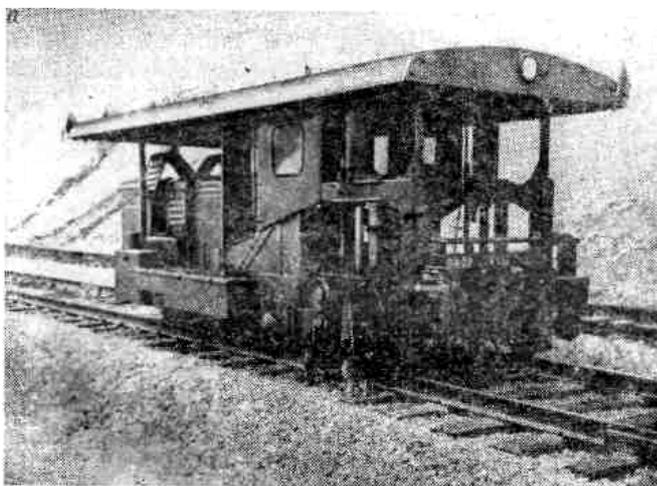


Рис. 21. Шпалоподбивочная машина:
а — общий вид; б — схема работы

Шпалоподбивочная машина представляет собой самоходный агрегат на рельсовом ходу. Рабочим органом машины являются два симметричных блока из 16 шпалоподбоек (по восьми в каждом блоке), подбивающих одновременно балласт под одной шпалой. Шпалы подбиваются с использованием метода вибрации. Подбойки, вибрируя с числом колебаний до 1800 в минуту, погружаются в балласт и, сближаясь под действием червячного механизма от середины шпальных ящиков к шпале, плотно подбивают под нее балласт (рис. 21, б). При этом подбойки производят вибрирующее, (под влиянием эксцентрикового вала) и качательное движения. Подбивочные блоки могут работать совместно или раздельно. Подъем блока осуществляется с помощью гидравлического устройства.

Машина приводится в действие двигателем внутреннего сгорания мощностью 120 л. с. Движение на ходовые колеса передается цепной передачей. Часовая производительность машины 350—400 шпал. Масса машины 15,3 т.

В последние годы на карьерах получает применение ряд машин для механизации работ при текущем содержании и ремонте пути.

Путеподъемник МПТС-1 (рис. 22) выполняет операции, по подъемке пути, выправке путевой решетки. Его рабочий цикл подобен циклу работы путепередвигателей типа ПП-3 и ПУ-30. Максимальное подъемное усилие путеподъемника 340 кН, шаг сдвижки пути 130 мм, усилие рихтовки 78 кН, масса машины 5,8 т, система привода — гидравлическая.

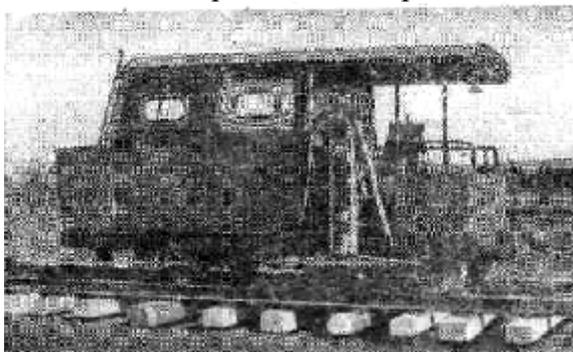


Рис. 22. Моторный путеподъемник МПТС-1

Универсальная, путевая ремонтная машина МСШУ-1 (рис. 23) выполняет подъемку и рихтовку пути, Смену шпал, подачу балласта в путь и т. д. Привод рабочего органа машины — гидравлический, грузоподъемная сила домкратов 280 кН, усилие рихтовки 80 кН, мощность 37 кВт, масса 7,2 т.

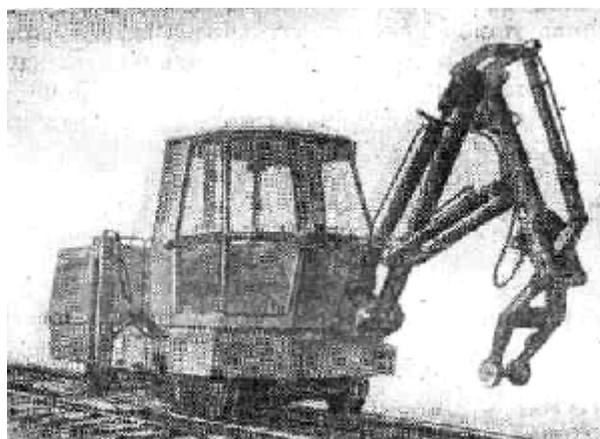


Рис. 23. Универсальная путевая машина МСШУ-1

Подъемно-рихтовочная машина ПРМ-3 (рис. 24) предназначена для выправки и рихтовки железнодорожных путей при переукладке, текущем содержании и ремонте.



Рис. 24. Подъемно-рихтовочная машина ПРМ-3

Для борьбы со снежными заносами применяются снегоочистительные машины. По принципу действия они разделяются на плужные, таранные и роторные. Наиболее распространены плужные снегоочистители типа ЦУМЗ и СДП. Четырехосный двухпутный (т. е. применяемый на двухпутных участках и отбрасывающий снег только в полевую сторону) цельнометаллический снегоочиститель СДП расчищает слой снега толщиной до 1,5 м. Ширина очищаемой полосы с крыльями составляет 5 м, управление пневматическое, масса снегоочистителя около 80 т. Для работы требуется локомотив, толкающий снегоочиститель перед собой.

Роторные снегоочистители предназначены для расчистки пути от снежных заносов высотой 3,0—4,5 м. Принцип работы роторного снегоочистителя заключается в резании и захвате снега вращающимся ротором и выбрасывании в сторону от оси пути под действием центробежной силы.

В условиях карьеров для борьбы со снегом используют также отвальные плуги.

На некоторых карьерах применяют реактивные путевые снегоочистители. Реактивный двигатель монтируется на платформе и при перемещении платформы со скоростью 5 км/ч струей газов выдувает и растапливает снег.

ГЛАВА 3. ВАГОНЫ

§1. Общие сведения об устройстве вагонов

Железнодорожные грузовые вагоны на открытых горных разработках разделяются:

1) по условиям эксплуатации — на вагоны общей сети железных дорог и вагоны промышленного транспорта. Конструкция и габариты вагонов промышленного транспорта допускают их обращение только на промышленных путях замкнутого направления без выхода на общую сеть железных дорог;

2) по устройству кузова — на крытые вагоны, полувагоны, платформы, цистерны и вагоны специального назначения;

3) по способу передвижения — перемещаемые локомотивом или имеющие собственные тяговые двигатели (моторные вагоны);

4) по числу осей — на двух-, четырех-, шести- и восьмиосные; ходовая часть вагонов при четырех осях и более выполняется в виде поворотных тележек, на которые опирается кузов.

Различаются вагоны также по габариту подвижного состава, ширине колеи и конструкции.

Основное распространение в карьерах получили полувагоны, т. е. открытые вагоны, благодаря удобству погрузки и разгрузки в условиях открытых разработок.

Главное конструктивное различие вагонов определяется способом их разгрузки. Разгрузка вагона производится за счет силы тяжести груза, находящегося в нем. Для этой цели кузов вагона наклоняется, переворачивается или же в его конструкции предусматриваются наклонные плоскости, по которым груз скатывается после открывания люков.

Полувагоны, используемые в карьерах, разделяются на саморазгружающиеся и несаморазгружающиеся. В конструкции саморазгружающихся вагонов, предусматриваются устройства (пневматические или гидравлические) для поворота кузова и открывания люков. Разгрузка несаморазгружающихся вагонов осуществляется с помощью стационарных подъемных или поворотных средств, устанавливаемых в пунктах приема горной массы.

Основное распространение на открытых разработках получили саморазгружающиеся вагоны. Они используются, для перевозки вскрышных пород, так как необходимое частое перемещение пунктов разгрузки породы на отвалах затрудняет применение громоздких стационарных разгрузочных устройств.

Несаморазгружающиеся вагоны используются чаще всего для транспортирования полезного ископаемого. В этих случаях приемные устройства обогатительных и брикетных фабрик, а также тепловых электростанций оборудуются стационарными вагоноопрокидывателями.

Гондолы — полувагоны применяются для транспортирования полезного ископаемого на внешнюю сеть потребителю или на обогатительные фабрики. Гондола имеет вертикальные стенки и горизонтальный пол с открывающимися вниз люками. При открывании запорных механизмов люки образуют две наклонные плоскости, по которым груз, под действием силы тяжести высыпается по обе стороны от оси пути.

Для перевозки сыпучих грузов могут быть использованы выпускаемые Уралвагонзаводом гондолы грузоподъемностью 63 и 94 т, а также выпущенные в качестве опытных образцов цельнометаллические полувагоны грузоподъемностью 125 т.

Характеристика полувагонов

| | ПС-63 | ПС-94 | ПС-125 |
|--------------------------------|-------|-------|--------|
| Грузоподъемность, т | 63 | 94 | 125 |
| Объем кузова, м ³ | 72,5 | 106 | 137,5 |
| Тара, т | 22 | 31 | 43,3 |
| Коэффициент тары | 0,34 | 0,33 | 0,35 |
| Длина по автосцепке, мм | 13920 | 16400 | 20240 |
| Ширина, мм | 3130 | 3200 | 3130 |
| Высота от головки рельса, мм | 3482 | 3790 | 3896 |
| База полувагона, мм | 8650 | 10440 | 12070 |
| Внутренние размеры кузова, мм: | | | |
| длина | 12156 | 14690 | 18758 |
| ширина | 2850 | 2922 | 2922 |

| | | | |
|------------------------------|------|------|------|
| высота | 2060 | 2370 | 2450 |
| Число люков | 14 | 16 | 22 |
| Нагрузка от оси на рельс, кН | 213 | 208 | 210 |
| Нагрузка на 1 м пути, кН | 61 | 76 | 83 |

Недостатком таких вагонов является немеханизированный, процесс выгрузки через донные люки, требующий выполнения трудоемких ручных операций по их открыванию и особенно закрыванию. Этому недостатка не имеют полувагоны типа «гондола» с глухим кузовом, разгружаемые в стационарных вагоноопрокидывателях.

Саморазгружающиеся вагоны типа «тальбот» имеют седлообразное дно и крышки в боковых бортах, закрывающие разгрузочные люки. При открывании крышек транспортируемый материал разгружается под тяжестью собственного веса. Открывание люков производится, дистанционно пневматически. Разгрузка осуществляется одновременно на обе стороны в приемные разгрузочные ямы.

Думпкары — вагоны, разгружаемые наклоном кузова при одновременном опускании или поднимании борта. Конструкция думпкаров описана в § 3 настоящей главы.

Для перевозки хозяйственных грузов на карьерах используются хопперы и платформы (табл. 7).

Т а б л и ц а 7

Характеристика хопперов и платформ

| Тип вагона | Грузоподъемность, т | Тара, т | Коэффициент тары | Объем кузова, м ³ | Число люков | Длина по осям автосцепок, мм | Нагрузка от оси на рельсы, кН |
|------------------------|---------------------|---------|------------------|------------------------------|-------------|------------------------------|-------------------------------|
| Хоппер двухосный | 25 | 12,0 | 0,49 | 26 | 2 | 7140 | 186 |
| Хоппер четырехосный | 50 | 21 | 0,42 | 59,34 | 2 | 10 030 | 177,5 |
| Платформа двухосная | 20 | 8,9 | 0,44 | 14,6 | — | 10 424 | 144,5 |
| Платформа четырехосная | 62 | 21,0 | 0,34 | 20,75 | — | 14 620 | 207,5 |

Хопперы — саморазгружающиеся двух- или четырехосные полувагоны грузоподъемностью 25 и 50 т. Применяются для перевозки угля, руды, балласта. Кузов хоппера выполнен по форме бункера с наклонными торцовыми стенками, по которым груз ссыпается через разгрузочные люки. На открытых разработках хопперы используются в качестве дозаторов балласта для путевых работ.

Платформы используются в карьерах для доставки материалов и оборудования, перевозки буровых станков, бульдозеров и т. п.; платформы применяются также при звеньевой укладке пути кранами. Для перевозки экскаваторов и другого тяжелого оборудования применяются специальные мощные многоосные платформы — транспортеры, грузоподъемность которых достигает 300 т.

В каждом вагоне могут быть выделены общие для всех вагонов основные узлы: ходовые части (сюда входят тележки, колесные пары, буксы с подшипниками, рессоры), рама и кузов, ударно-тяговые приборы, пневматическая система.

Вагонные тележки

У современных вагонов большой грузоподъемности и длины колесные пары размещают в тележках, объединяющих и остальные элементы ходовой части — буксы и рессоры. Тележки могут поворачиваться относительно рамы вагона, благодаря чему вагоны лучше вписываются в кривые малого радиуса и оказывают меньшее сопротивление движению.

Литые боковины 1 тележки (рис. 25, а) опираются на буксы 2. Рессорное подвешивание осуществляется спиральными пружинами 3. Надрессорная балка 4 концами опирается на комплекты рессор и имеет возможность перемещаться относительно литых боковин в вертикальном и поперечном направлениях. Для вагонов, применяемых в карьерах, используют двухосные тележки ЦНИИ-Х30 (рис. 25, б) трехосные УВЗ-11а (рис. 25, в).

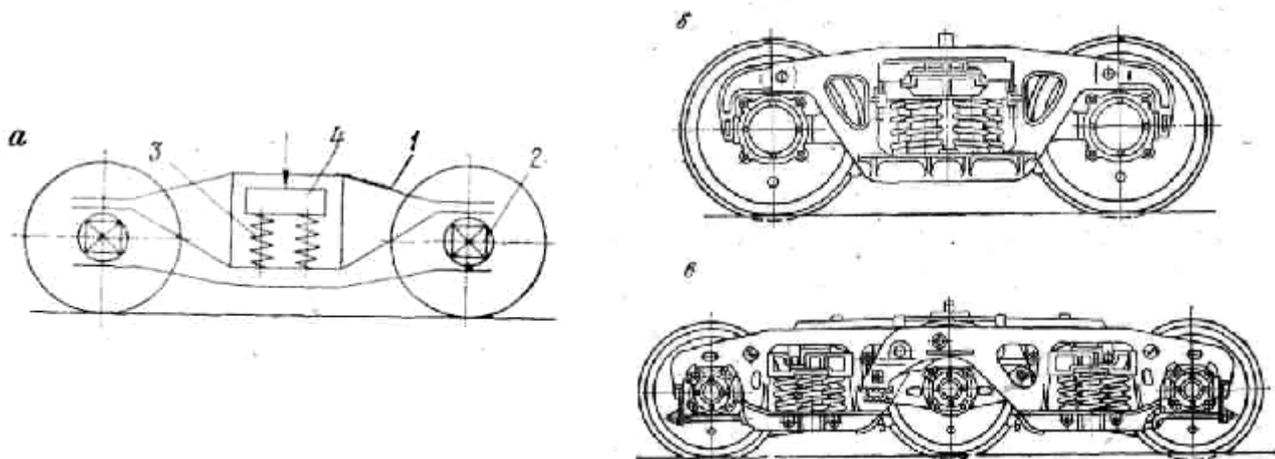


Рис. 25. Вагонные тележки:

а — схема работы; *б* — устройство двухосной тележки ЦНИИ-Х30; *в* — общий вид трехосной тележки УВЗ-11а

Колесные пары

Колесные пары воспринимают и передают на рельсы нагрузку от вагона и направляют его при движении по рельсовому пути. Колесная пара представляет собой ось с напрессованными на нее двумя колесными центрами. Шейки оси служат для размещения подшипников, передающих нагрузку от вагона на ось. Форма шейки оси для подшипников скольжения и качения (роликовых) различна; Колесные центры напрессовываются на подступичные части оси. Для смягчения переходов от подступичной части к шейке оси предусмотрена предподступичная часть.

Конструктивно колеса выполняются бандажными и безбандажными. Бандаж (кольцо специального профиля) надевается на колесный центр и укрепляется на нем. В настоящее время в основном применяются безбандажные цельнокатаные стальные колеса, но их ободья имеют профиль бандажа.

У внутреннего края бандажа (обода) находится гребень, предохраняющий колесную пару от схода с рельсов. Начиная от гребня поверхность катания колеса выполняется конической: сначала с уклоном 1:20, затем с уклоном 1:7. При такой форме обеспечивается большая устойчивость подвижного состава при движении по прямым участкам пути за счет самоцентрирования колесных пар; устраняется неравномерный прокат (износ) бандажей по ширине поверхности катания; облегчается прохождение кривых участков пути, так как колеса, движущиеся по наружной рельсовой нитке, катятся по окружности большего диаметра.

При конической форме поверхности катания колеса диаметр колеса и толщину обода принято измерять по кругу катания на расстоянии 70 мм от внутренней грани бандажа или обода. Грузовые вагоны нормальной колеи имеют диаметр колес 950 и 1050 мм, а узкоколейные вагоны — в пределах 500—700-мм.

Для обеспечения безопасного движения колесной пары по рельсовому пути, особенно по стрелочным переводам, расстояние между внутренними гранями колес нормальной колеи должно составлять 1440 мм с допуском ± 3 мм.

При износе колес срабатывается и теряет коничность поверхность бандажа или обода, образуется прокат, ухудшающий работу колесной пары, так как с увеличением поверхности соприкосновения колеса с рельсом между ними увеличивается трение. Восстановление профиля поверхности катания производится периодической обточкой колес. Допускается прокат вагонных колес не более 9 мм, толщина гребня не менее 22 мм и минимальная толщина бандажа после ряда обточек 25 мм, а обода цельнокатаного колеса — 22 мм.

Буксы

Буксы вагонов предназначены для передачи нагрузки от тележки на шейки вращающихся осей. Конструкция буксы определяется главным образом типом применяемых подшипников. Для грузовых вагонов, находящихся в эксплуатации, широко применяются буксы с подшипниками скольжения, новые же типы вагонов снабжаются роликовыми буксами. Основные преимущества роликовых букс заключаются в том, что благодаря их применению:

- а) сокращаются объем работ и расходы по эксплуатации вагонов;
- б) примерно в 5 раз снижается расход смазочного материала, не требуется сезонной смаз-

ки;

в) примерно в 2 раза по сравнению с вагонами, имеющими буксы с-подшипниками скольжения, уменьшается сопротивление движению вагонов и, следовательно, сокращается расход электроэнергии или топлива локомотивами.

Для грузовых вагонов распространение получила польстерно-подбивочная букса с подшипником трения скольжения. Букса состоит из корпуса, подшипника с антифрикционной баббитовой заливкой, вкладыша (клина), передней крышки и задней уплотняющей (пылевой) шайбы.

Подача смазки к трущимся поверхностям шейки оси и подлинника осуществляется подбивочными концами или польстером, представляющим собой металлический каркас со щеткой, которая пружинами прижимается к шейке оси.

В течение последних десяти лет идет создание, опробование и эксплуатация различных конструкций букс с роликовыми подшипниками для грузовых вагонов. Эксплуатационные испытания показали работоспособность буксового узла с двумя цилиндрическими подшипниками.

Рессорное подвешивание

Для уменьшения динамических усилий на отдельные узлы вагона кузов опирается на колесные пары через рессоры. Основное распространение в грузовых вагонах, применяемых в карьерах, получили стальные винтовые цилиндрические пружины.

В качестве упругих элементов тележек применяют также детали из резины. При этом обеспечиваются наибольшая плавность хода и наименьшее динамическое воздействие вагонов на путь. В последние годы в ФРГ были созданы и проверены в эксплуатации резинометаллические рессоры для грузовых вагонов. Рессора состоит из металлических листов, между которыми расположены слои резины, привулканизированной к листам.

Рама и кузов

Рамой называется основная часть вагона, несущая кузов, тормозное оборудование и ударно-тяговые приборы. Рама состоит из центральной предельной балки, поперечных брусьев и системы поперечных кронштейнов.

Центральная продольная балка, называемая хребтовой, изготавливается из швеллеров. К ней привариваются поперечные кронштейны: шкворневые, которыми рама опирается на тележки, и цилиндрические, к которым крепятся цилиндры для опрокидывания кузова. На кронштейнах установлены опоры, на которые опирается кузов. Крайние поперечные балки, на которых размещаются ударно-тяговые приборы, называются буферными брусьями.

Рама опирается на тележки вагона и воспринимает все статические и динамические нагрузки, действующие на вагон. Через раму вагонов передается тяговое усилие поезда.

Статическая нагрузка складывается из собственного веса вагона и веса груза.

К динамическим нагрузкам относятся: центробежная сила, возникающая при движении вагона по кривым участкам пути; давление ветра, действующее на боковую поверхность вагона; силы инерции, возникающие при ускорении движения и торможении; усилия колебания вагона на рессорах; усилия, возникающие при механизированной погрузке и разгрузке вагона.

Конструкции кузовов различны в зависимости от назначения и типа вагона. У несаморазгружающихся вагонов типа «гондола» кузов составляет одно целое с рамой и также воспринимает основные нагрузки. У саморазгружающихся полувагонов кузов выполнен независимо от рамы.

Ударно-тяговые устройства

Ударно-тяговые устройства служат для соединения вагонов, между собой и локомотивом, а также для передачи и смягчения растягивающих и сжимающих усилий, возникающих при движении поезда. Ударно-тяговые функции могут быть разделены между различными приборами или объединены в одном приборе.

Автосцепка является объединенным ударно-тяговым прибором. Автосцепка СА-3, которой оборудуются отечественные вагоны для автоматического сцепления, обладает повышенной прочностью и износоустойчивостью. Автосцепка (рис. 26) выполняется в виде стального литого корпуса 1, головка которого имеет большой 2 и малый 3 зуб, образующие зев. Внутри зева расположен замок 4. При столкновении вагонов малые зубья автосцепок входят в зевы и нажимают на выступающие части замков, которые уходят внутрь. Когда малые зубья занимают свои крайние положения в зевах, замки освобождаются и, возвращаясь в исходное положение, запирают авто сцепки,

так как заполняют пространство между малыми зубьями и препятствуют их обратному выходу. Для расцепления служит расцепной рычаг 5, после поворота которого замок одной из автосцепок убирается внутрь. Для передачи ударно- тяговых усилий служит ударное устройство с пружинным поглощающим аппаратом 6.

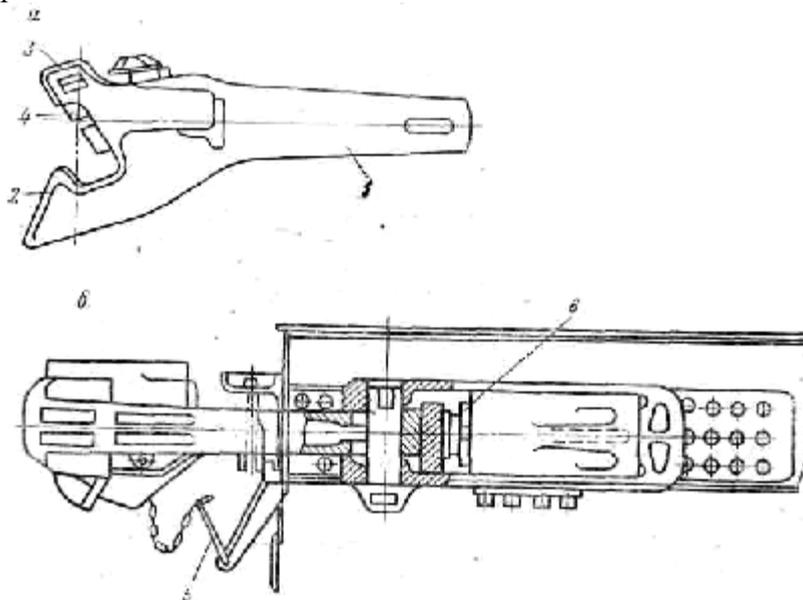


Рис. 26. Автосцепка:
а — схема; б — расположение на вагоне

Корпус автосцепки рассчитан на разрывное статическое усилие более 3000 кН.

Пневматическая система

Пневматическая" система служит для приведения в действие тормозных средств и оборудования разгрузки вагона.

Через тормозную магистраль сжатый воздух подается к тормозным цилиндрам. Торможение вагонов осуществляется сжатием колодок на бандажи колес. На подвижном составе карьеров и железных дорог МПС используют пневматические тормоза, обладающие свойством автоматически приходиться в действие при разрыве поезда (автотормоза).

§ 2. Основные параметры вагонов

Основные параметры вагонов (грузоподъемность, коэффициент тары, вместимость кузова, число осей, минимальный радиус кривой) характеризуют конструктивно-технический уровень вагонов и выбираются с учетом назначения вагона (в первую очередь) и характеристики транспортируемого материала.

Грузоподъемность вагона q — наибольшая масса груза, допускаемая к перевозке.

Технический прогресс в области вагоностроения характеризуется ростом грузоподъемности подвижного состава, благодаря чему сокращаются расходы на содержание вагона и вагонного парка в целом.

Значением грузоподъемности определяется число вагонов в составе и длина поезда.

К настоящему времени грузоподъемность думпкаров достигла 180 т. Факторами, ограничивающими грузоподъемность вагона, являются: габариты подвижного состава и нагрузка от оси на рельсы, допускаемая состоянием верхнего строения пути.

Тара вагона q_m — собственная масса вагона. Снижение тары вагонов при сохранении их прочности, а следовательно, увеличение полезного веса и сокращение энергии на передвижение поездов, — одна из главных задач транспортной науки и техники, для решения которой совершенствуют конструкции, применяют легированные стали, штампованные детали и штампо-сварные узлы.

Коэффициент тары k_m — показатель, характеризующий техническое совершенство вагона. Техническим коэффициентом тары называют отношение тары вагона (собственной массы) к его грузоподъемности:

$$k_m = \frac{q_m}{q}$$

Очевидно, чем меньше коэффициент тары, тем меньше «мертвый» (беспользый) вес поез-

да и экономичнее перевозки. Однако технический коэффициент тары не полностью отражает эксплуатационные качества вагона, поэтому пользуются также значением погрузочного (действительного) коэффициента тары, учитывающего фактическое использование грузоподъемности вагона,

$$k_{m.д} = \frac{q_m}{Vg}$$

где V — объем груза в кузове вагона, м^3 ;

γ — плотность транспортируемого материала, т/м^3 .

Эксплуатационным коэффициентом тары $k_э$ учитываются, кроме того, пробеги вагона в грузовом и порожняковом направлениях. В этом случае определяется отношение массы вагона, перемещаемой за один рейс в грузовом и порожняковом направлениях, к его грузоподъемности. Средневзвешенная масса вагона за рейс.

$$q_p = (k_m + b)q,$$

где $b = \frac{L_{эп}}{L_{эп} + L_{нор}}$ — коэффициент использования пробега;

$L_{эп}$ и $L_{нор}$ — расстояние откатки соответственно в грузовом и порожняковом направлении.

Таким образом, эксплуатационный коэффициент тары

$$k_э = k_m + b$$

Если технический коэффициент тары думпкаров составляет, например, 0,5, то погрузочный равен 0,6—0,7, а эксплуатационный 0,9.

Геометрический объем кузова вагона должен быть такой, чтобы при нормальной загрузке кузова грузоподъемность вагона использовалась полностью.

Фактический объем перевозимого груза складывается из двух частей: первая размещается в пределах геометрического объема, а вторая располагается выше уровня бортов, образуя породную призму, или «шапку».

Геометрический объем кузова даже при самой тщательной загрузке вагона используется на 90—95 % из-за неполной загрузки в торцовых частях кузова и неполного использования высоты бортов во избежание просыпания горной породы при движении поезда. Объем шапки составляет 20—25 % геометрического объема кузова. Общий коэффициент использования геометрического объема- кузова $k_{и} = 1,1 \div 1,2$.

Таким образом, геометрический объем кузова

$$V_г = \frac{q}{k_{и}g_p},$$

где γ_p — плотность разрыхленной породы.

Объем кузова зависит от параметров погрузочного экскаватора. Карьерные экскаваторы ЭКГ-4,6, ЭКГ-8 и ЭКГ-12,5 имеют вместимость ковша, отнесенную к 1 м ширины, равную соответственно 1, 3 и 4 м^3 . Для думпкаров грузоподъемностью 85 и 105 т объем кузова, отнесенный к 1 м длины, составляет 3,3 и 4,2 м^3 . Для производительной работы экскаватора необходимо, чтобы погонная вместимость ковша была равна или меньше погонного объема кузова.

Число осей вагона определяется допустимой нагрузкой на ось (P):

$$n = \frac{q + q_m}{P}$$

Нагрузка на ось, в свою очередь, определяется несущей способностью железнодорожного пути. Для условий карьеров, где движение поездов происходит как по балластированным, так и по небалластированным путям, а земляным полотном служат различные горные породы, допустимое давление на грунт находится в широком диапазоне: 150—300 кПа. Верхнему пределу этого диапазона при существующих конструкциях пути соответствует допустимая нагрузка на ось до 280—300 кН.

Поэтому по условиям допустимого давления на грунт грузоподъемность четырехосных вагонов (в том числе думпкаров) ограничена пределом 75—85 т. При большей грузоподъемности используются шести- и восьмиосные вагоны.

Размеры вагонов. Поперечное сечение кузова определяется принятым габаритом под-

вижного состава. Вагоны широкой колеи, используемые в настоящее время на карьерах, выполнены по габариту 1Т и Т (максимальный поперечный размер 3750 мм). Предельная высота вагона при этом ограничена размером 4700 мм.

Для вагонов думпкарного типа высота бортов кузова ограничивается условием устойчивости вагона при разгрузке. Практически высота откидывающегося борта не превышает 1300 мм. Длина кузова, а затем по конструктивным соображениям и длина вагона определяются по заданной грузоподъемности и поперечному сечению кузова. При этом длина вагона ограничивается условиями вписывания в кривые участки пути.

§ 3. Думпкары

Думпкары (вагоны-самосвалы) являются основным типом вагонов на открытых горных разработках. Распространение в карьерах они получили благодаря своей конструкции, которая позволяет наиболее быстро производить механизированную погрузку и разгрузку горной массы.

Как отмечалось, думпкары относятся к полувагонам с бортами высотой 900—1300 мм. Составляют думпкары из тех же основных частей, что и вагоны других типов. Основное отличие конструкции определяется тем, что думпкары являются саморазгружающимися вагонами, с опрокидыванием кузова на сторону посредством специального разгрузочного механизма.

Думпкары с пневматической разгрузкой оборудуются воздушной магистралью, запасным резервуаром и опрокидными цилиндрами. Схема пневматической разгрузки позволяет производить поочередную разгрузку отдельных думпкаров, а также разгрузку всего состава одновременно.

Конструкции применяемых в мировой практике думпкаров различаются в зависимости от характера транспортируемого материала.

Для транспортирования крепких и скальных пород, разрабатываемых одноковшовыми экскаваторами, используют думпкары высокой прочности.

Для транспортирования рыхлых пород, разрабатываемых одноковшовыми или многочерпаковыми (цепными или роторными) экскаваторами, получили распространение думпкары, конструкция которых не рассчитана на восприятие больших ударных нагрузок.

По конструктивной схеме разгрузки думпкары выполняются с откидывающимся, поднимающимся и с комбинированным бортом (рис. 27).

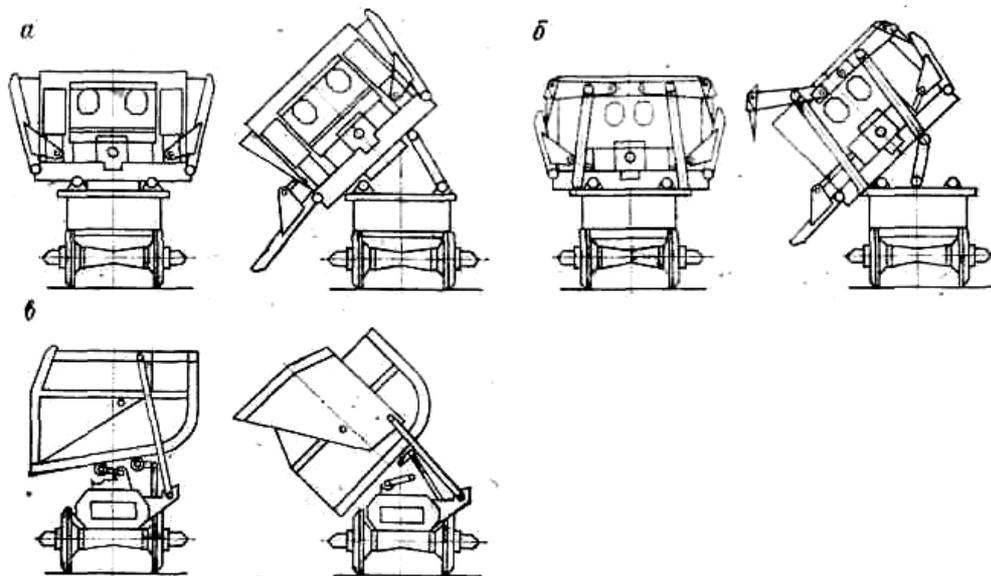


Рис. 27. Конструктивные схемы думпкаров:
а — с откидывающимся бортом; б — с комбинированным бортом; в — с поднимающимся бортом (односторонняя разгрузка). Слева показано, транспортное положение, справа — положение разгрузки

В Советском Союзе наиболее часто применяются думпкары с откидывающимся бортом, предназначенные для транспортирования вскрышных пород и руд плотностью 1,9—2,2 т/м³ в разрыхленном состоянии. Рама и кузов таких думпкаров выполняются достаточно массивными и прочными, коэффициент тары вагонов достигает 0,5.

Отечественное думпкароостроение развивается в соответствии с тенденцией применения на открытых разработках высокопроизводительных экскаваторов с ковшами большого объема. За два последних десятилетия последовательно создавались и в настоящее время выпускаются Калининградским вагоностроительным заводом 50-, 60-, 85-, 105- и 180-тонные думпкары.

Думпкары Калининградского вагоностроительного завода представляют собой цельнометаллическую сварную конструкцию, состоящую из саморазгружающегося кузова и нижней рамы,

опирающейся на "поворотные тележки.

Кузов вагона состоит из верхней рамы с настилом пола, двух лобовых стенок и двух продольных бортов. Под настилом пола помещается амортизирующая прокладка из деревянных брусьев. В лобовых стенках монтируются рычаги механизма открывания борта. Разгрузка вагона производится на любую сторону железнодорожного пути с "помощью цилиндров опрокидывания, наклоняющих кузов в сторону разгрузки. Для различных типов думпкаров Калининградского вагоностроительного завода характерна широкая унификация основных узлов.

Характеристика думпкаров

| | 6BC-60 | BC-85 | 2BC-105 | BC-180 |
|---|--------|--------|---------|--------|
| Грузоподъемность, т _____ | 60 | 85 | 105 | 180 |
| Объем кузова геометрический, м ³ _____ | 26,2 | 38 | 48,5 | 58,0 |
| Тара вагона, т _____ | 29,0 | 35,0 | 47,0 | 68,0 |
| Коэффициент тары _____ | 0,484 | 0,41 | 0,45 | 0,38 |
| Число осей _____ | 4 | 4 | 6 | 8 |
| Нагрузка на ось, кН _____ | 222 | 300 | 256 | 310 |
| Число разгрузочных цилиндров _____ | 4 | 4 | 6 | 8 |
| Угол наклона кузова при разгрузке, градус _____ | 45 | 45 | 45 | 45 |
| Длина вагона по осям авто сцепок, мм _____ | 11 720 | 12 170 | 15 020 | 17 580 |
| Ширина кузова наружная, мм _____ | 3 275 | — | 3 750 | 3 460 |
| Высота вагона, мм _____ | 2 680 | 3 180 | 3 700 | 3 660 |
| Длина кузова внутри, мм: | | | | |
| вверху _____ | 10 000 | — | 13 520 | 16 216 |
| внизу _____ | 9 480 | — | 12 850 | 15 556 |
| Ширина кузова внутри, мм: | | | | |
| вверху _____ | 2 910 | 3 120 | 3 230 | 3 300 |
| внизу _____ | 2 600 | 2 622 | 2 704 | 2 740 |
| Высота кузова внутри, мм _____ | 960 | 1 280 | 1 220 | 1 313 |

Думпкары типа 5BG-60 и 6BC-60 грузоподъемностью 60 т (рис. 28) имеют усиленные кузов, продольные борта и лобовые стенки. Верхний настил, пола выполнен из листа толщиной 12 мм.

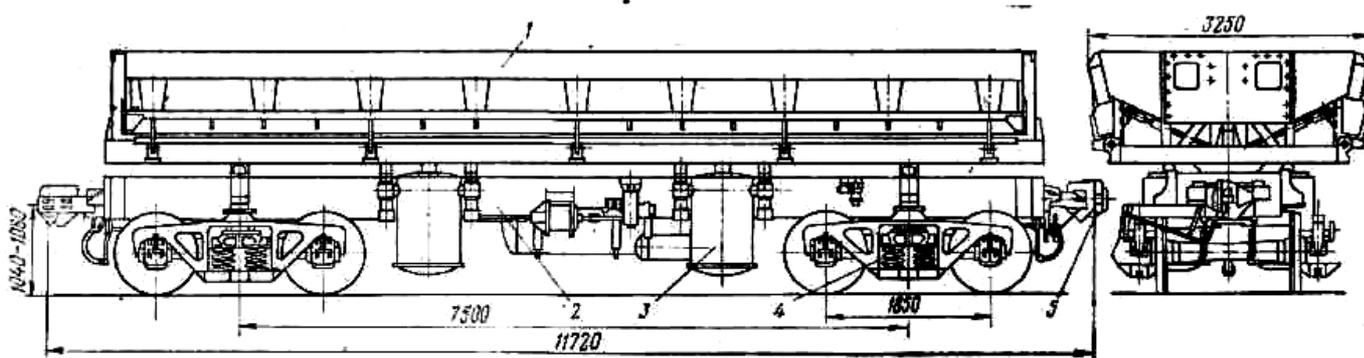


Рис. 28. Думпкар грузоподъемностью 60 т:

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

Для разгрузки думпкара 5BC-60 применена рычажная система открывания и закрывания бортов, расположенная в лобовых стенках загона. Борты открываются с опережением, так что при угле наклона кузова 27° борт полностью открыт. Это увеличивает устойчивость вагона при разгрузке с конечным углом наклона 45°. После разгрузки кузов вагона восстанавливается в транспортное положение под действием собственного веса.

Думпкар грузоподъемностью 85 т предназначен для перевозки пород плотностью 2,2 т/м³ в разрыхленном состоянии. Вагон четырехосный цельнометаллический, сварной конструкции. Рама вагона состоит из хребтовой и шкворневых штампованных балок. Разгрузочный механизм представляет собой, четыре телескопических цилиндра, установленных на цапфах в подшипниках скольжения.

Механизм открывания и закрывания бортов состоит из литых направляющих, установленных по три с каждой стороны вагона и шарнирно соединенных с кузовом./

Шестиосный вагон-самосвал грузоподъемностью 105 т (рис. 29) состоит из опрокидываю-

щегося кузова, рамы и двух трехосных тележек. Рычажная система механизма открывания бортов такова, что борт полностью открывается при повороте кузова на 25° и дополнительно поворачивается на угол 9° при повороте кузова на 45° .

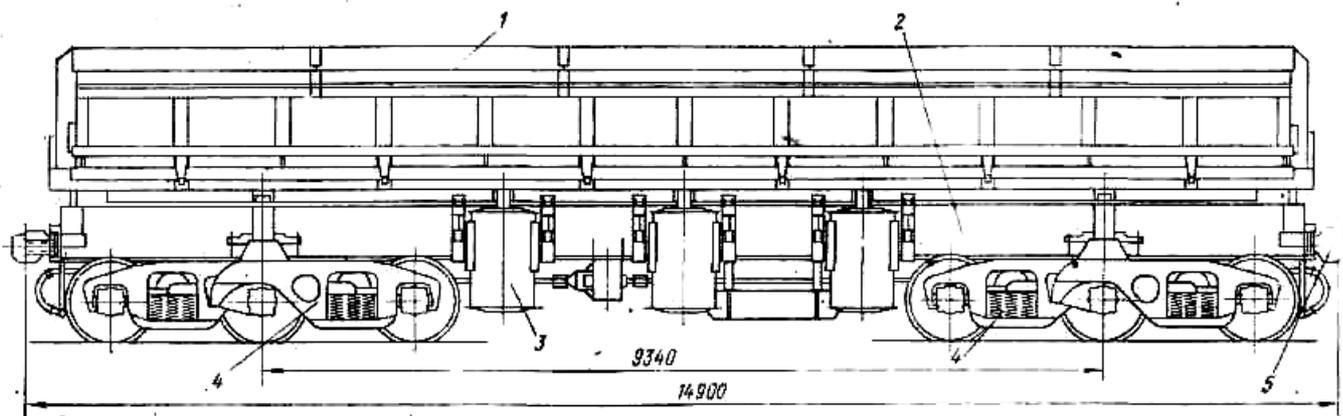


Рис. 29. Думпкар грузоподъемностью 105 т. Обозначения см. на рис. 28

Управление разгрузкой вагона осуществляется с помощью кранов пневматической разгрузки, расположенных по концам рамы, и одного воздухораспределителя. В пневматической схеме думпкара предусмотрена система принудительной посадки кузова в транспортное положение посредством подачи воздуха в верхнюю полость одного из цилиндров опрокидывания.

В металлоконструкции этого думпкара широко использованы низколегированная сталь и штампо-сварные элементы.

Думпкар приспособлен для загрузки экскаваторами с ковшем вместимостью $4-8 \text{ м}^3$ и способен выдерживать ударную нагрузку от кусков породы массой до 3,5 т, падающих с высоты 2 м.

Думпкар грузоподъемностью 180 т (рис. 30) установлен на четырехосных тележках, спаренных из двух двухосных посредством соединительной балки. Рычажный механизм запора борта, расположенный в торцовых стенках, обеспечивает опережение открывания борта. Разгрузочный механизм состоит из восьми пневматических цилиндров (по четыре с каждой стороны).

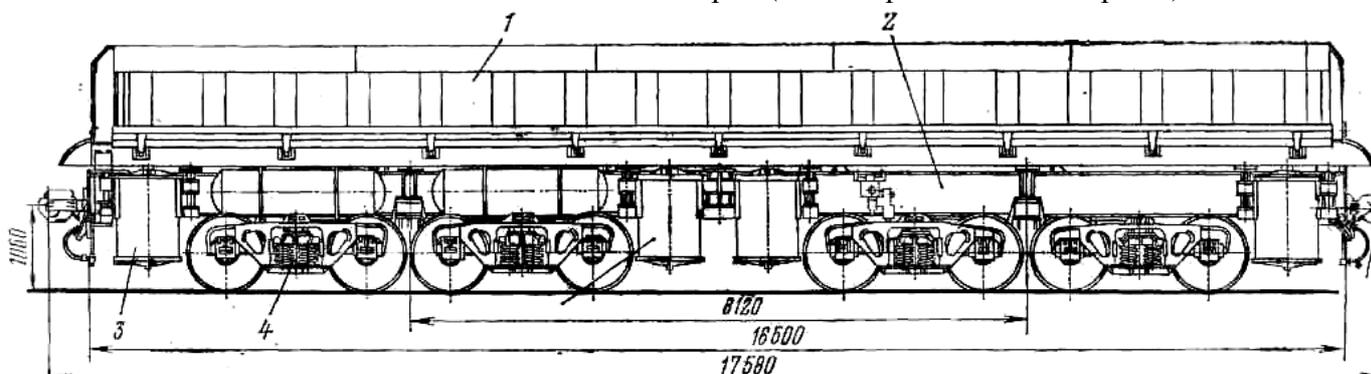


Рис. 30. Думпкар грузоподъемностью 180 т. Обозначения см. на рис. 28

В конструкции думпкара широко использованы штампо-сварные детали из низколегированной стали и облегченные прокатные профили. Думпкар рассчитан на транспортирование горных пород плотностью в разрыхленном состоянии $2,6-2,8 \text{ т/м}^3$. При транспортировании распространенных вскрышных пород фактическая грузоподъемность составляет 120—140 т.

Как видно, все рассмотренные думпкары выполняются с откидывающимися бортами. Как показал опыт эксплуатации, при транспортировании крупнокусковых пород думпкары с откидывающимися бортами наиболее целесообразны.

На буроугольных карьерах ГДР, ФРГ и ряда других стран широкое применение для транспортирования рыхлых пород получили думпкары с поднимающимся бортом и односторонней разгрузкой кузова. Некоторое распространение думпкары этого типа получили и в СССР (на карьерах Днепровского бассейна, на Лопатинском фосфоритном карьере). Грузоподъемность четырехосных думпкаров этого типа достигает 80 т, восьмиосных — 180 т.

Конструкция думпкаров с односторонней разгрузкой позволяет значительно упростить и облегчить вагоны.

Пневматическая система разгрузки думпкаров является единственной, однако она приводит к значительному утяжелению тары и большому расходу воздуха. Проводятся работы по созданию систем электрогидравлической разгрузки. Принцип действия такой системы заключается в том, что с помощью насоса, установленного на локомотиве или вагоне, жидкость под давлением до 20 МПа нагнетается в разгрузочные цилиндры думпкаров. Дистанционное управление разгрузкой ведется из кабины машиниста локомотива, где смонтирован пульт управления.

С применением электрогидравлической разгрузки открывается возможность дальнейшего увеличения объема и грузоподъемности вагонов при одновременном снижении тары и повышении надежности работы в зимний период.

Проводятся также работы по созданию схемы дистанционного управления разгрузкой думпкаров из кабины машиниста, позволяющей сократить трудоемкость работ при разгрузке, а при необходимости также возможность группового опрокидывания думпкаров.

§ 4. Ремонт вагонов

Для содержания в исправности вагонного парка все вагоны, используемые в карьерах, проходят техническое обслуживание и подвергаются ремонтам.

Текущее обслуживание вагонов — это комплекс мероприятий, в который входит технический осмотр и текущий ремонт вагонов.

Технический осмотр проводится ежедневно в целях обеспечения безопасности движения поездов. При текущем ремонте устраняются внезапные отказы, производится замена неисправных деталей новыми или отремонтированными заранее.

Текущий ремонт выполняется безотцепочным или отцепочным. Безотцепочный осмотр и ремонт осуществляют в пунктах технического осмотра, размещаемых обычно на станциях. При этом освидетельствуют основные узлы и детали вагона в составе с устранением мелких неисправностей. Для текущего отцепочного (случайного) ремонта вагон направляется на специальные пути пункта технического осмотра или в депо.

К наиболее частым случайным неисправностям думпкаров относятся утечка воздуха из автотормозной или разгрузочной магистрали, заедание или поломка кранов управления при разгрузке, неполное закрывание борта, выход из строя буксового подшипника, выход из строя валиков рычажных передач.

Различают профилактический, деповский и заводской ремонты вагонов.

При профилактическом ремонте производят ремонт и регулировку тормозной системы и системы опрокидывания, ударно-сцепных приборов, а также ревизию букс и подшипников.

При деповском ремонте вагон разбирают частично, производят освидетельствование колесных пар, проверяют состояние тормозной системы, системы опрокидывания, ударно-сцепных приборов, рамы вагонов и кузова.

При заводском ремонте производят полную разборку вагона. В соответствии с составленной дефектной ведомостью восстанавливают изношенные детали или заменяют их новыми (замене подлежат также колесные пары).

Все виды ремонтов производятся в электровагоно-вагонных или вагонных депо.

Вагонные депо (или цехи электровагоно-вагонных депо) оснащаются оборудованием для производства ремонта колесных пар (электрогорн для нагрева бандажей при их насадке, обточные, токарные, карусельные, сверлильные, строгальные, долбежные и другие станки). Предусматриваются механическое, кузнечно-сварочное, заливочное (по заливке баббитом буксовых подшипников), роликовое и автоматное отделения (по ремонту автотормозного оборудования).

При ремонте подвижного состава необходимо применять агрегатно-узловой метод, позволяющий сократить длительность простоев вагонов при ремонте и снизить стоимость работ. В этом случае подлежат замене новыми изношенные и неисправные узлы подвижного состава с последующим их ремонтом специализированными бригадами.

Межремонтные сроки для вагонов в зависимости от условий работы составляют: между заводскими ремонтами 3—4 года, между деповскими — 1 год, между профилактическими 1—2 мес.

Время простоя в заводском ремонте составляет 6—8 сут, в деповском 1,5—2 сут, в профилактическом 4—6 ч.

ГЛАВА 4. ЛОКОМОТИВЫ

На открытых горных разработках находят применение все основные типы локомотивов: паровозы, электровозы и тепловозы. Особенности работы в карьерах обуславливают ряд требований, предъявляемых к характеристикам локомотивов: способность преодолевать затяжные подъемы пути без значительного снижения скорости и проходить кривые участки пути радиусом до 100 м, возможно меньшая зависимость от источника энергии, постоянная готовность к работе в различных климатических условиях, высокая экономичность.

§ 1. Общие сведения об электрифицированном транспорте

Исследования в области карьерного транспорта и опыт многолетней эксплуатации показали, что наиболее эффективной для карьерных условий является электрическая тяга, обладающая рядом тягово-эксплуатационных преимуществ перед другими видами тяги.

Основные из них:

1. целесообразность работы на подъемах до 40—45% (в случае применения моторных думпкаров — до 50—60%);
2. высокая удельная мощность электровозов и их способность выдерживать значительные кратковременные перегрузки;
3. сравнительно высокая экономичность;
4. возможность увеличения сцепного веса у электровозов путем работы по так называемой системе многих единиц, когда объединяются два или более локомотивов, а управление ими осуществляется одной бригадой с любого из них;
5. лучшие условия работы локомотивных бригад;
6. наименьшая по сравнению с другими локомотивами чувствительность к климатическим условиям;
7. незначительное потребление энергии во время стоянок (только на собственные нужды), что особенно заметно на открытых разработках при продолжительных стоянках составов под погрузкой и разгрузкой.

На всех вновь строящихся и реконструируемых карьерах с железнодорожным транспортом предусматривается применение электрической тяги.

Электрическая тяга может использоваться при различных системах тока и разных напряжениях. При электрификации на постоянном токе согласно ГОСТ 6962—75 на токоприемнике электровоза допускается применение напряжения 1500 и 3000 В. Электрификация же транспорта на переменном токе требует применения системы однофазного тока промышленной частоты 50 Гц напряжением 10 кВ.

Система постоянного тока успешно применяется на карьерном железнодорожном транспорте, так как при этом используются простые и надежные двигатели постоянного тока последовательного (сериесного) или смешанного (компаундного) возбуждения, обладающие особенно благоприятными тяговыми характеристиками.

В настоящее время для карьерного транспорта при колее 1520 мм применяется напряжение 1500 В. С вводом в эксплуатацию карьеров значительной глубины и характеризующихся высокими грузооборотами становится необходимым дальнейшее увеличение сцепного веса и мощности локомотивов. Однако при напряжении 1500 В постоянного тока мощность локомотивов ограничивается системой энергоснабжения электрифицированного транспорта. Решение этой проблемы заключается в увеличении напряжения в контактном проводе. При этом возможны два направления: применение системы постоянного тока напряжением 3000 В и применение системы переменного тока напряжением 10 кВ. В обоих случаях открывается возможность значительного повышения сцепного веса.

Применительно к действующим предприятиям, где ввиду возросшего объема перевозок требуется реконструкция электротяги и повышение напряжения, получает применение система постоянного тока при напряжении 1500/3000 В. При этом электровоз может работать на два напряжения. Практически происходит постепенный перевод карьера на напряжение 3000 В. Осуществлена, например, реконструкция электротяги на Сарбайском железорудном карьере.

Система однофазного переменного тока, имеющая ряд преимуществ перед системой постоянного тока, является перспективной. По контактному проводу может быть подано высокое напряжение (10—25 тыс. В) промышленной частоты 50 Гц с понижением непосредственно на элек-

трово́зе.

Трудности создания высокоэффективного тягового двигателя переменного тока нормальной частоты ограничивают применение этой системы электротяги. Получает распространение система однофазно-постоянного тока, при которой электровоз, питаемый однофазным переменным током высокого напряжения, имеет также понизительный трансформатор, выпрямительную установку и тяговые двигатели постоянного тока. Таким образом, не снижая тяговых качеств локомотива, удастся значительно упростить и облегчить систему энергоснабжения.

При электрификации транспорта создается система энергоснабжения, предусматривающая устройства для необходимых преобразований и передачи энергии от энергосистемы к движущимся электровозам (рис. 31). От электростанции энергия передается линией электропередач / на тяговую подстанцию.

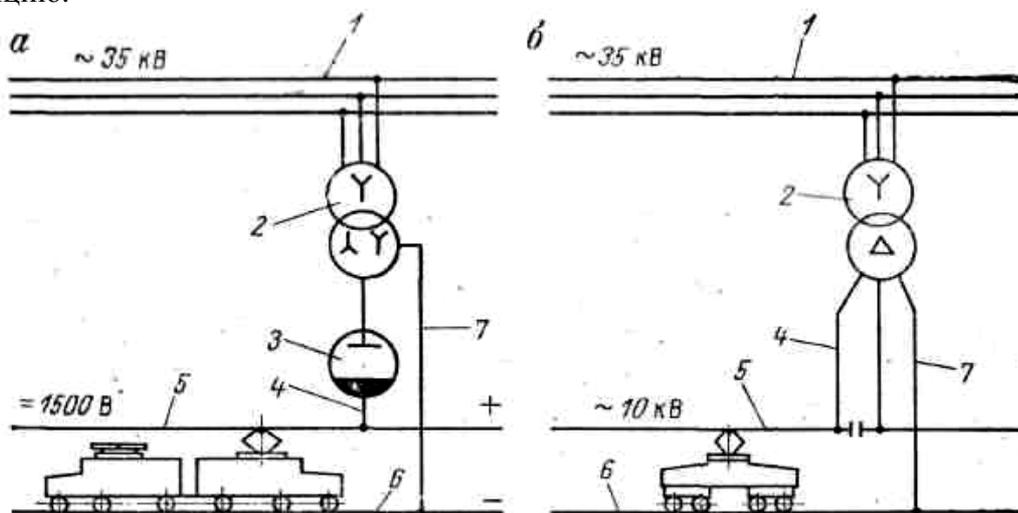


Рис. 31. Схема питания электровоза энергией:
а — постоянного тока; б — переменного тока

При работе транспорта на постоянном токе на тяговой подстанции производится понижение напряжения трансформатором 2 и преобразование переменного тока в постоянный с помощью выпрямителей 3, затем энергия поступает в контактную сеть.

При переменном токе энергия подается в контактный провод непосредственно от понизительной тяговой подстанции. Переменный ток преобразуется в постоянный на электровозе.

Тяговая сеть постоянного и переменного тока состоит из питающей линии 4, контактного провода 5, с которого энергия снимается токоприемником электровоза, рельсовой цепи 6 и отсасывающей линии 7, по которой ток протекает к шинам подстанции.

Тяговые подстанции выполняются стационарными или (реже) передвижными. Стационарные подстанции располагаются на бортах карьера. Передвижные подстанции, используемые как дополнительные и монтируемые на железнодорожных платформах, могут передвигаться вслед за подвижением горных работ и благодаря этому быть постоянно приближенными к потребителям энергии.

Число и местоположение тяговых подстанций определяется протяженностью электрифицированных путей, разветвленностью транспортной схемы, значениями напряжения и тяговых нагрузок и выбирается на основании технико-экономических расчетов.

Питание электровозов электроэнергией осуществляется с помощью контактной сети, основными элементами которой являются опоры и подвешенный к ним на изоляторах медный контактный провод сечением 85 или 100 мм².

По условиям эксплуатации контактная сеть в карьерах разделяется на стационарную и передвижную.

Стационарная контактная сеть монтируется на металлических или железобетонных опорах, устанавливаемых на расстоянии 35—45 м одна от другой. При этом контактный провод располагается над осью пути на высоте 5,75—6,25 м от головки рельса. Установка опор производится с учетом принятого габарита приближения строений.

При однопутной линии опоры контактной сети имеют консоли для подвески провода (рис. 32). При двух- и многопутной линии опоры устанавливаются по обе стороны земляного полотна и соединяются гибкими поперечинами, к которым крепятся контактные провода всех путей.

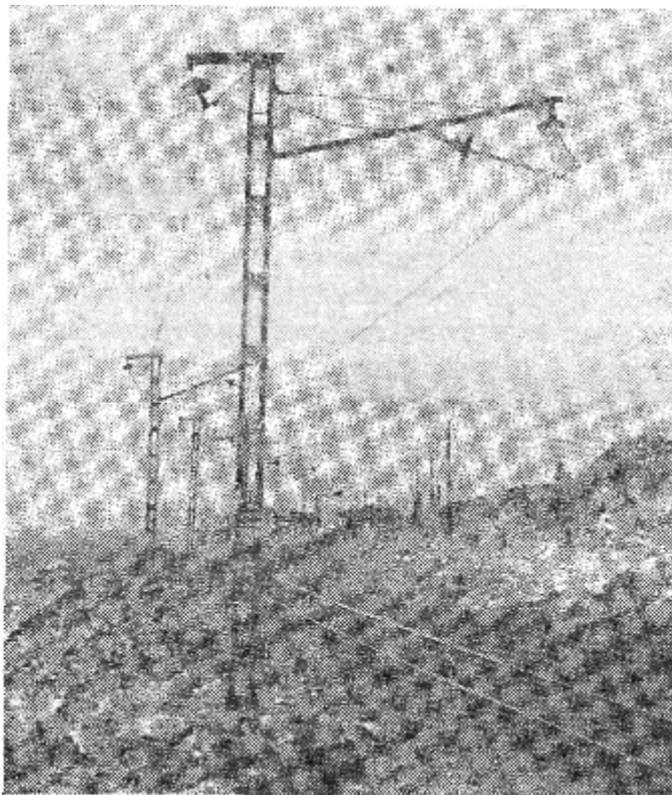


Рис. 32. Подвеска контактного провода

Для уменьшения износа трущихся частей токоприемника контактный провод на стационарных путях подвешивается зигзагом, т. е. на каждой опоре провод последовательно смещается в разные стороны от оси пути на 200—300 мм.

Передвижная контактная сеть, устанавливаемая на уступах и отвалах, характеризуется двумя особенностями.

Во-первых, она периодически подлежит перемещению вслед за продвижением фронта работ в карьере или по мере развития отвалов. Поэтому опоры контактной сети должны быть приспособлены к переноске. Существует ряд конструкций металлических и деревянных опор передвижной контактной сети (рис. 33).

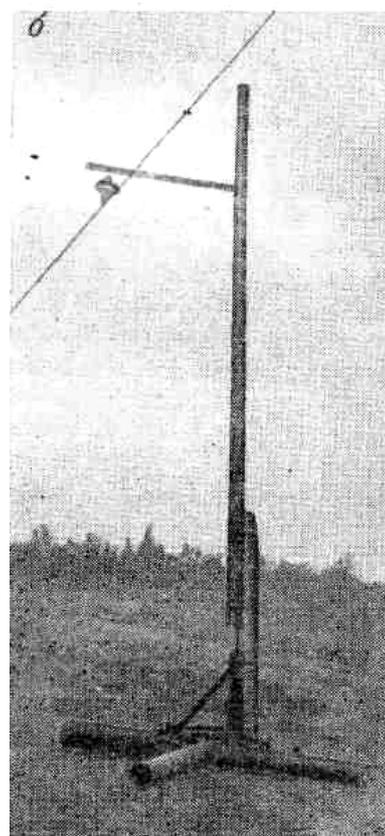
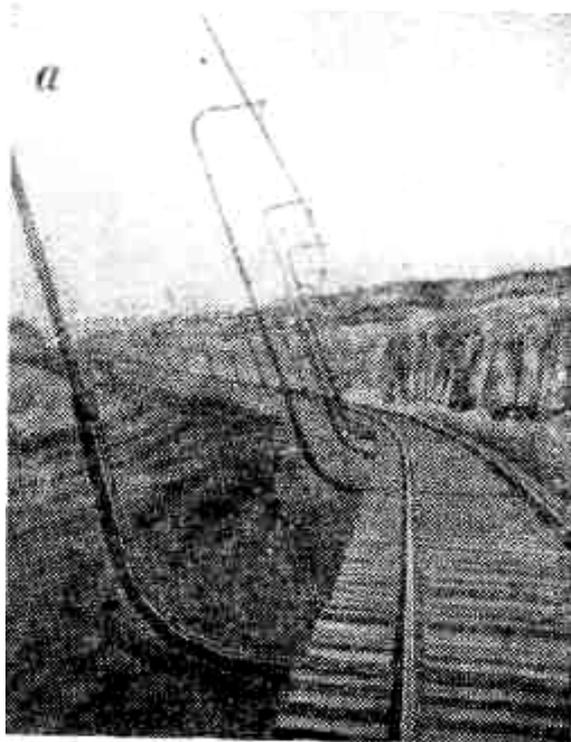


Рис. 33. Передвижные опоры контактной сети:
а — металлическая; б — деревянная

Металлические опоры часто изготавливают заодно с рельсовым путем. Деревянные опоры выполняются не связанными с путем. Иногда для удобства переноски их выполняют складными.

Во-вторых, контактный провод передвижной сети располагается сбоку от железнодорожного пути, чтобы не мешать экскаваторной погрузке вагонов. Токосъем осуществляется специальными боковыми токоприемниками электровоза. Высота подвески провода 4,4—5,3 м.

Согласно правилам технической эксплуатации расстояние бокового провода от оси пути должно находиться в пределах 2,7—3,2 м. Однако в случаях применения экскаваторов с ковшом вместимостью 8 и 12,5 м³ это расстояние становится недостаточным и для безопасности его следует увеличивать соответственно до 3,5—4,0 и 4,1—4,6 м.

Расстояние между опорами передвижной сети на прямых участках не превышает 18 м, на кривых радиусом 100—200 м это расстояние сокращается до 7—10 м.

При эксплуатации передвижной контактной сети (протяженность ее достигает 60 % общей длины контактной сети) основными являются работы, производимые при переукладках забойных и отвальных путей в процессе ведения горных работ. Работы по переустройству контактной сети включают разборку с демонтажем провода и опор, переноску или перевозку элементов сети, сборку сети на новой трассе с установкой опор и монтажом контактного провода.

В связи с этим ряд операций при обслуживании контактной сети выполняется со значительными затратами ручного труда. Трудоемки, например, работы по передвижке опор и контактного провода. Для механизации этих работ, на карьерах применяются обычно машины на базе бульдозеров. Целесообразен переход на облегченные опоры и элементы арматуры, а также создание специальных машин для карьерных условий.

§ 2. Параметры электроподвижного состава, типы электровозов и тяговых агрегатов

Основными параметрами электроподвижного состава являются сцепной вес, мощность двигателей и мощность источника автономного питания.

В общем случае сцепной вес локомотива определяется на основании технико-экономического анализа совместного рационального использования экскаваторов и подвижного состава, взаимно связанных в работе. Рациональный сцепной вес локомотива в значительной мере определяется транспортными параметрами карьера: руководящим уклоном, глубиной карьера, расстоянием транспортирования.

Большое число разнородных факторов влияет на сцепной вес таким образом, что каждое его значение соответствует определенной области целесообразного применения. Возникает, следовательно, необходимость в создании ряда типоразмеров электровозов, обеспечивающих экономичность работы во всем широком диапазоне горнотехнических условий.

Наличие достаточно большой области условий рационального применения карьерных электровозов данного сцепного веса позволяет иметь всего два-три типа локомотива по сцепному весу.

Установление минимально необходимого ряда типоразмеров электровозов решает одновременно и важную задачу унификации карьерного электроподвижного состава, благодаря чему упрощается и удешевляется эксплуатация электровозного парка.

В Советском Союзе используются четырехосные карьерные электровозы сцепным весом 800—1000 кН и шестисосные 1500—1800 кН. В последние годы определилось направление создания 120-тонных четырехосных единиц, из которых комплектуются тяговые агрегаты.

Мощность двигателей карьерных электровозов определяется режимом работы. Основными влияющими факторами являются глубина карьера, величина уклона и скорость движения на расчетном подъеме. Для локомотивов сцепным весом 1500 кН удельная мощность должна составлять 1,1—1,4 кВт/кН, для тяговых агрегатов сцепным весом 3600 кН соответственно 1,4—1,7 кВт/кН.

До последнего времени основным типом карьерного электроподвижного состава был электровоз — одиночный локомотив, приводимый в движение тяговыми электродвигателями и служащий тягой прицепной части. Современное прогрессивное направление — применение моторных думпкаров, сцепной вес которых создается за счет транспортируемой горной массы. Развитие этого направления обусловило создание и применение тяговых агрегатов — локомотивов, состоящих из нескольких секций. Такое формирование локомотива позволяет получить карьерный локомотив со свойствами, в наибольшей мере отвечающими специфическим условиям работы в карье-

рах.

Конструктивно электроподвижной состав различается по числу осей, форме кузова и способу питания двигателей энергией.

Как правило, в зависимости от сцепного веса карьерные электровозы выполняются четырех- или шестиосными. Число осей при этом определяется допустимой нагрузкой на ось, которая ограничивается величиной 250—300 кН. Секции тяговых агрегатов выполняются четырехосными.

Карьерные электровозы различаются также по форме кузова. Часть современных карьерных электровозов выполняется с кузовом вагонного типа (подобно магистральным электровозам), что облегчает расположение оборудования на электровозе. Некоторые электровозы выполняются с кузовом будочного типа и размещением кабины машиниста в средней части локомотива.

По способу питания электроэнергией современные карьерные электровозы разделяются на контактные, контактно-аккумуляторные, контактно-дизельные, аккумуляторные.

Контактные электровозы — основной тип карьерных электровозов. Они получают электроэнергию от контактной сети постоянного или переменного тока, благодаря чему мощность контактных электровозов практически не ограничивается мощностью источника энергии. Поэтому контактные электровозы имеют наибольшую удельную мощность (на 1 кН сцепного веса) по сравнению с другими типами электровозов. Это позволяет с применением электровозов такого типа реализовать большие скорости движения и большие ускорения при трогании с места. В условиях карьеров контактные электровозы работают при подъемах 40—45‰ без значительного снижения скорости движения.

Сцепной вес контактных электровозов достигает 1500—1800 кН, мощность 2000—2500 кВт. При исполнении в виде тяговых агрегатов сцепной вес составляет 2400—3600 кН, а мощность 6500 кВт.

Недостатком контактных электровозов является необходимость в контактной сети, которая затрудняет ведение горных работ и особенно нежелательна на передвижных уступных и отвалных путях.

Попытки отказаться от применения передвижной контактной сети приводили в разное время и в разных странах к созданию электровозов, имеющих тот или иной источник автономного питания.

Контактно-дизельные электровозы со вспомогательной дизельной установкой на постоянных путях работают в электровозном режиме, питаются от контактной сети, а на неэлектрифицированных передвижных путях — получая энергию от дизель-генераторной установки. В последнем случае дизель мощностью, равной 25—35 % номинальной мощности электровоза, вращает генератор, который питает электроэнергией тяговые двигатели.

Применение контактно-дизельных электровозов особенно целесообразно при значительной протяженности внутрикарьерных и отвалных передвижных путей.

Контактно-аккумуляторные электровозы. При работе на передвижных путях с легким профилем тяговые двигатели электровоза питаются энергией от аккумуляторной батареи. При движении по стационарным путям тяжелого профиля электровоз получает энергию от контактной сети, вместе с этим емкость батареи, израсходованная при работе на передвижных путях, также восстанавливается путем подзарядки. Создание мощного надежного контактно-аккумуляторного электровоза затрудняется отсутствием аккумуляторов нужной емкости и долговечности.

Моторные думпкары — разновидность подвижного состава при электрической тяге в карьерах. В этом случае один-два думпкара поезда оборудуются тяговыми двигателями и некоторой аппаратурой (остальная аппаратура устанавливается на специальном электровозе управления). Таким образом, поезд формируется из тягового агрегата (электровоз управления и моторные думпкары) и прицепных думпкаров.

Целесообразность применения такого вида подвижного состава определяется следующим. С повышением весовой нормы поездов или увеличением подъема пути требуемый сцепной вес электровоза значительно возрастает. При увеличении подъема пути до 60—70‰ требуемый сцепной вес приближается к весу, прицепной части поезда. С возрастанием бесполезного груза, транспортируемого в обоих направлениях, затраты на транспорт увеличиваются. Благодаря применению моторных думпкаров, сочетающих свойства локомотива и вагона, можно уменьшить «мертвый» вес электровоза, так как сцепной вес моторных думпкаров создается за счет транспортируемого груза.

В последние годы был создан ряд тяговых агрегатов Днепропетровским и Новочеркасским электровозостроительными заводами в СССР, а также заводом им. Ганса Баймлера в ГДР (агрегаты постоянного и переменного тока).

В табл. 8 приведены технические характеристики контактных электровозов, а в табл. 9 — технические характеристики тяговых агрегатов постоянного и переменного тока, получивших распространение на карьерах Советского Союза.

Т а б л и ц а 8

Характеристика контактных электровозов

| Показатели | Постоянный ток | | | | | Переменный ток | |
|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--|--|--|---------------------------------|---------------------------------|
| | IVКП-1 | EL-2 | EL-1 | 13E (21E) | 26E | Д-100м | Д-94 |
| Масса электровоза, т | 80 | 100 | 150 | 150 | 180 | 100 | 94 |
| Сцепной вес (округленно), кН | 800 | 1000 | 1500 | 1500 | 1800 | 1000 | 940 |
| Осевая формула | 2 ₀ + 2 ₀ | 2 ₀ + 2 ₀ | 2 ₀ + 2 ₀ + 2 ₀ | 2 ₀ + 2 ₀ + 2 ₀ | 2 ₀ + 2 ₀ + 2 ₀ | 2 ₀ - 2 ₀ | 2 ₀ - 2 ₀ |
| Напряжение на токоприемнике, В | 1500 | 1500 | 1500 | 1500 | 1500 | 10 000 | 10 000 |
| Мощность часового режима, кВт | 832 | 1400 | 2100 | 1560 | 2550 | 1420 | 1650 |
| Тяговое усилие часового режима, кН | 122 | 160 | 242 | 198 | 317 | 165 | 200 |
| Скорость часовая, км/ч | 21,2 | 30,5 | 30,5 | 28,0 | 28,7 | 31,0 | 30 |
| Ток двигателя, А: | | | | | | | |
| часовой | 275 | 234 | 234 | 190 | 300 | 355 | 380 |
| длительный | 280 | 200 | 200 | 148 | 260 | 255 | 340 |
| Нагрузка на ось, кН | 200 | 250 | 250 | 250 | 300 | 250 | 235 |
| Диаметр ведущих колес, мм | 1060 | 1120 | 1120 | 1100 | 1200 | 1250 | 1250 |
| Наименьший радиус кривой, м | 40 | 60 | 60 | 60 | 60 | 75 | 75 |
| Зубчатая передача | Одно-сторонняя | Двусторонняя | | | | | |
| Передаточное число | — | 5,58 | 5,58 | 5,58 | 5,35 | 4,52 | 4,52 |
| Длина электровоза, мм | 12 200 | 13 820 | 21 320 | 20 960 | 21 370 | 15 460 | 16 220 |
| База тележки, мм | 2300 | 2500 | 2800 | 3000 | — | 3000 | 3000 |
| Высота с опущенным пантографом, мм | — | 4660 | 4600 | 4800 | 4984 | — | — |
| Страна-поставщик | СССР | ГДР | ГДР | ЧССР | ЧССР | СССР | ЧССР |

Т а б л и ц а 9

Характеристика тяговых агрегатов

| Показатели | Постоянный ток | | Переменный ток | | |
|--|----------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------|
| | ПЭ-2М | EL-10 | ОПЭ-1 | ОПЭ-1А | ОПЭ-2 |
| Напряжение сети, В | 1500/3000 | 10 000 | 10 000 | 10 000 | 10 000 |
| Состав агрегата | ЭУ + МД + МД | ЭУ + МД + МД | ЭУ + ДС + МД | ЭУ + ДС + МД | ЭУ + МД + МД |
| Число осей | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| Масса агрегата, т | 368 | 366 | 360 | 372 | 372 |
| Конструктивный сцепной вес агрегата (округленно), кН | 3680 | 3660 | 3600 | 3720 | 3720 |
| Мощность, кВт | 2430/5190 | 4920 | 6480 | 5325 | 5325 |
| Часовая сила тяги, кН | 672 | 681 | 810 | 660 | 660 |
| Часовая скорость, м/ч | 13/27,8 | 25,7 | 28,5 | 29,5 | 29,5 |
| Автономное питание | — | Дизель 550 кВт | Дизель 1470 кВт | Дизель 1100 кВт | — |
| Длина по осям авто- | 51 100 | 52 300 | 59 900 | 51 306 | 51 506 |

| | | | | |
|--------------------|--|--------------------------|--|--|
| сцепок, м | | | | |
| Завод-изготовитель | Днепропетровский электровозостроительный | им. Ганса Баймлера (ГДР) | Новочеркасский электровозостроительный | Днепропетровский электровозостроительный |

Примечание: ЭУ – электровоз управления, ДС – дизельная секция, МД – моторный думпкар

§ 3. Устройство электровозов и тяговых агрегатов

Электровоз (тяговый агрегат) состоит из механической, электрической и пневматической частей. К механическому оборудованию относятся: кузов с опорами, тележки с колесными парами, ударно-тяговые приборы, рессорное подвешивание, буксы, зубчатые передачи и подвеска тяговых двигателей. Электрическая часть состоит из тяговых двигателей, пуско-регулирующей аппаратуры, токоприемников, аппаратуры защиты и вспомогательных машин. В пневматическую часть входит тормозное и пневматическое оборудование.

Ниже приводится, краткое описание основных типов электровозов и тяговых агрегатов, работающих на карьерах Союза.

Электровозы IVКП-1 сцепным весом 800 кН выпускались с 1950 по 1956 г. и до настоящего времени эксплуатируются на карьерах. Внешний вид электровоза типичен для большого числа промышленных электровозов. Кузов электровоза будочного типа с одной центральной кабиной и прилегающими к ней скосами, в которых располагается оборудование. В кабине размещены два поста управления, используемые машинистом при движении в разных направлениях. В боковых стенках скосов имеются дверцы для осмотра оборудования, а в крыше — люки для снятия оборудования. Кузов с помощью двух шаровых опор опирается на две сочлененные между собой тележки. Электровоз оборудован воздушными магистралями для питания системы разгрузки думпкаров. Сжатый воздух вырабатывается двумя компрессорами Э-500. Электровоз снабжен пневматическим и электрическим реостатным тормозами, оборудован четырьмя тяговыми двигателями ДК-8Б мощностью по 208 кВт. Регулирование скорости и силы тяги осуществляется с помощью контроллера машиниста путем выключения чугунных пусковых сопротивлений из цепи тяговых двигателей и перегруппировки их соединений.

Электровоз 21Е сцепным весом 1500 кН производства завода им. В. И. Ленина (ЧССР) состоит из трех частей, соединенных между собой. Рама и кузов каждой части составляют одно целое. В средней части расположена кабина с двумя постами управления, в концевых взаимозаменяемых скосах размещено оборудование.

Тележки массивной клепаной конструкции. Буксы челюстные с самосмазывающимися подшипниками скольжения. Вращающий момент передается от вала двигателя на движущее колесо двусторонней косозубой передачей. Тяговые двигатели последовательного возбуждения мощностью по 260 кВт. В тяговом режиме двигатели соединяются сначала последовательно-параллельно, затем параллельно. Электровоз имеет режим «малой скорости», т. е. все шесть тяговых двигателей соединяются последовательно, что позволяет при погрузке и разгрузке перемещать поезд со скоростью 3—4 км/ч.

Электровоз 26Е производства завода им. В. И. Ленина (ЧССР) представляет собой усовершенствованную модель электровоза 21Е с мощностью каждого тягового двигателя 425 кВт. Сцепной вес электровоза увеличен до 1800 кН, а нагрузка на ось соответственно до 300 кН. Суммарная мощность двигателей электровоза превышает 2500 кВт.

Электровоз EL-1 (рис. 34) сцепным весом 1500 кН выпускался с 1957 г. заводом им. Ганса Баймлера (ГДР). Кузов электровоза состоит из двух секций, каждая из которых имеет небольшой скос, кабину управления и помещение для оборудования. При изменении направления движения машинист переходит из одной кабины в другую. Кузов опирается на три сварные тележки из листовой стали через центральные сферические и боковые пружинные опоры. Тележки сочленены между собой так, что тяговое усилие передается через межтележечные соединения.

На электровозе установлены тяговые двигатели последовательного возбуждения мощностью по 350 кВт. Пуско-тормозные сопротивления выполнены из чугуна и имеют принудительное воздушное охлаждение от вентиляторов. Каждый электровоз оборудован двумя центральными и двумя боковыми токоприемниками. Управление режимами электровоза осуществляется с помощью контроллера и электропневматических контакторов. В тяговом режиме двигатели соединяются последовательно-параллельно, а затем параллельно.

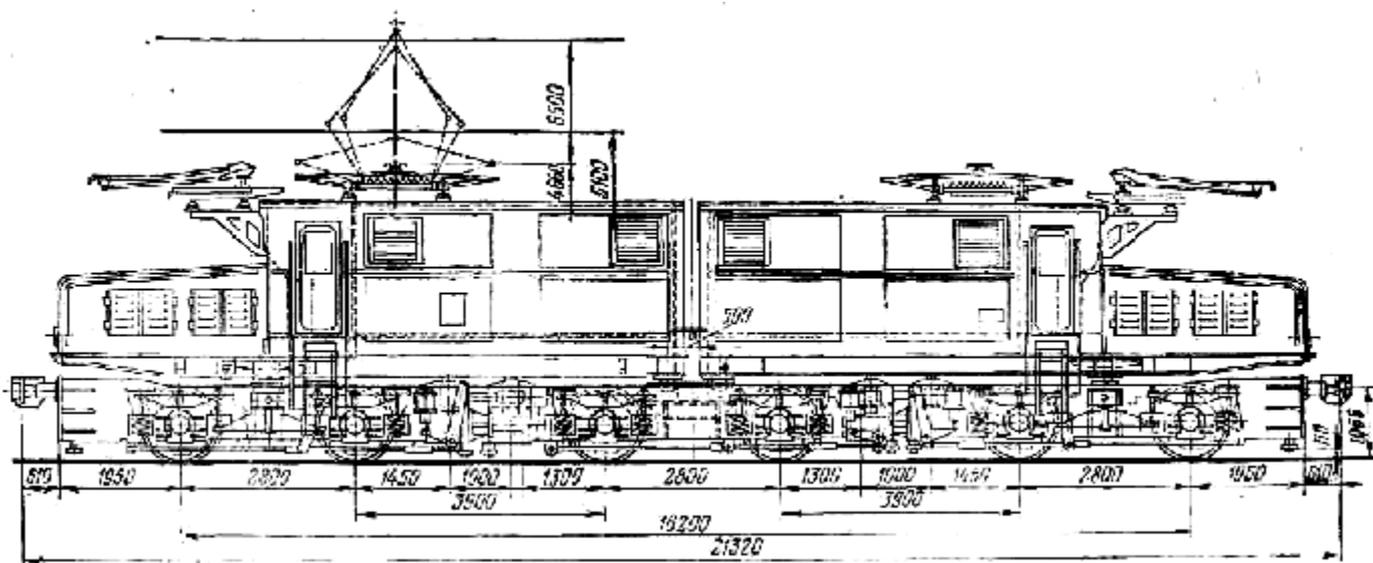


Рис. 34. Электровоз EL-1

Тяговый, агрегат переменного тока EL-10, выпущенный заводом им. Ганса Баймлера (ГДР), состоит из электровоза управления и двух моторных думпкаров. Электровоз управления имеет кузов будочного типа с одной центральной кабиной, оборудованной двумя постами управления. Кузов опирается на две тележки сварной конструкции. Буксы челюстного типа имеют цилиндрические роликовые подшипники.

На электровозе установлен трансформатор мощностью 6900 кВ·А. Для ступенчатого регулирования напряжения вторичная обмотка выполнена секционной из четырех частей. Для выпрямления однофазного переменного тока на электровозе используются три кремниевые выпрямительные установки (по одной на каждые четыре тяговых двигателя электровоза управления или моторных думпкаров). Сглаживание пульсаций выпрямленного тока осуществляется реакторами. Тяговые двигатели последовательного возбуждения имеют часовую мощность 410 кВт при напряжении 880 В. На агрегате предусмотрено электрическое реостатное торможение.

На электровозе управления размещена дизель-генераторная установка для автономного питания агрегата. Двенадцатицилиндровый четырехтактный дизель М762 мощностью 750 л. с. через эластичную кулачковую муфту приводит во вращение тяговый генератор постоянного тока и синхронный генератор для питания электродвигателей вспомогательных машин в автономном режиме.

При создании моторных думпкаров использованы кузова и механизм разгрузки серийных думпкаров 5ВС-60. Тележки приняты такими же, как и у электровоза управления. На оси каждого моторного думпкара подвешен тяговый двигатель, на раме устанавливаются два двигателя вентилятора для охлаждения двигателей и ящик с электроаппаратурой.

При работе от контактной сети получают питание все 12 тяговых двигателей агрегата, развивая в часовом режиме силу тяги 681 кН. При движении по неэлектрифицированным путям от дизель-генераторной установки питаются электроэнергией четыре тяговых двигателя электровоза управления.

Тяговый агрегат переменного тока ОПЭ-1 (рис. 35), изготовленный на Новочеркасском электровозостроительном заводе, состоит из электровоза управления 2, секции автономного питания 1 и моторного думпкара 3. Ходовая часть каждой секции имеет две унифицированные несочлененные двухосные тележки. Для перехода из электровоза управления в секцию автономного питания и улучшения условий ухода за оборудованием принята форма кузова вагонного типа с кабинами по концам секций.

Для питания тяговых двигателей в электровозном режиме на электровозе управления устанавливается преобразовательный агрегат, состоящий из силового трансформатора, группового переключателя и двух выпрямительных установок, собранных из кремниевых вентилей типа ВКЛД-200-6.

Пуск и регулирование скорости тягового агрегата производятся ступенчатым изменением величины подводимого к тяговым двигателям напряжения (36 ступеней) путем переключения секций обмоток трансформатора.

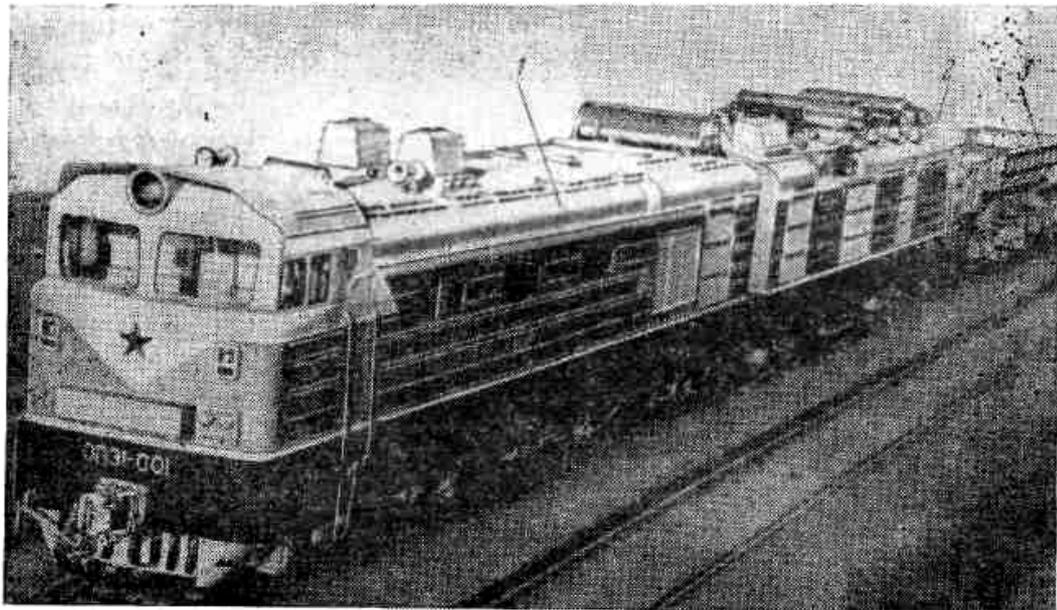


Рис. 35. Тяговый агрегат ОПЭ-1

Схемой предусматриваются следующие сочетания и режимы работы секций тягового агрегата:

- а) электровозная секция в сцепе с секцией автономного питания и моторным думпкаром (сцепной вес 3600 кН);
- б) электровозная секция в сцепе с секцией, автономного питания (сцепной вес 2400 кН);
- в) электровозная секция в сцепе с одним или двумя моторными думпками (сцепной вес 2400 или 3600 кН);
- г) электровозная секция работает самостоятельно (сцепной вес 1200 кН).

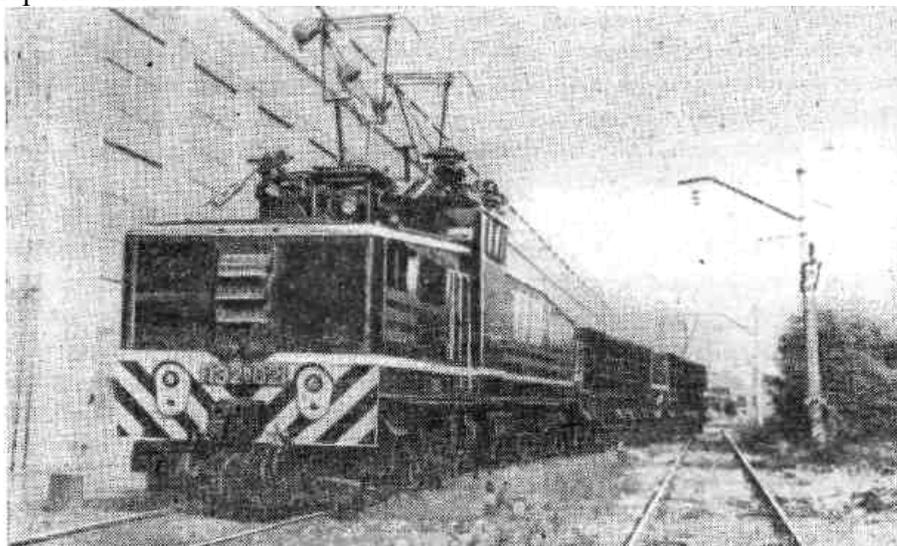
Мощность дизеля установленного на секции автономного питания, составляет 1470 кВт, мощность генератора — 1280 кВт.

Управление тяговым агрегатом при любом режиме работы может производиться из кабины электровоза управления или секции автономного питания.

Система электрического реостатного торможения тягового агрегата обеспечивает торможение при отсутствии напряжения в контактной сети.

Для полноты загрузки вагонов предусматривается движение поезда в режиме автономного питания с постоянной малой скоростью в диапазоне 0,3—1,5 км/ч.

Тяговый агрегат постоянного тока ПЭ2М (рис. 36) изготовлен на Днепропетровском электровозостроительном заводе. Агрегат состоит из электровоза управления и двух моторных думпкаров. Он может работать при напряжении как 1500 В, так и 3000 В, что позволяет в условиях действующих предприятий осуществлять реконструкцию транспорта и переходить на более высокое напряжение. Соединение тяговых двигателей при питании от контактной сети с напряжением 3000 В последовательное и последовательно-параллельное, при 1500 В — последовательно-параллельное и параллельное.



Кузов электровоза управления будочной формы. Кроме пневматического и электрического реостатных тормозов агрегат имеет магниторельсовый тормоз, что позволяет увеличить уклоны путей. В конструктивном отношении карьерные электровозы имеют много общего, поэтому далее рассматриваются отдельные элементы конструкции наиболее распространенного на карьерах электроподвижного состава.

Механическая часть электровозов

Кузов электровоза служит для размещения в нем кабины и всего электрического, пневматического и тормозного оборудования. Конструкция кузова определяется способом передачи тягового усилия электровоза.

У электровозов, имеющих несочлененные тележки (EL-2, Д-100м, Д-94, ОПЭ-1, ПЭ2М, ОПЭ-2), тяговое усилие передается кузовом, поэтому он выполняется с мощной рамой.

У электровозов, имеющих сочлененные тележки (21Е, 26Е), кузова не имеют специальных рам и выполняются в виде капотов, закрывающих оборудование.

У ряда электровозов кузова будочного типа (IV-КП-1, 21Е, 26Е, EL-2, Д-100м, Д-94, ПЭ2М, ОПЭ-2). В этом случае кабина с двумя постами управления размещается в середине электровоза, возвышаясь над скосами, где размещена аппаратура. Это улучшает для машиниста обзор пути, сигналов и состава при движении в обоих направлениях.

Электровоз EL-1 и тяговый агрегат ОПЭ-1 выполнены с кузовом вагонного типа и оборудованы двумя кабинами управления. При подобной конструкции электровозная бригада при перемене направления движения должна переходить из кабины в кабину. Однако при этом значительно лучше расположение и обслуживание оборудования и аппаратуры.

Электровоз 21Е (и 26Е) состоит из трех шарнирно соединенных частей: двух концевых и средней, на которой расположена кабина машиниста. Каждая из частей имеет отдельную прочную клепаную раму тележки. Кузова выполняются съемными для монтажа и демонтажа оборудования, а для осмотра и вентиляции снабжены люками и боковыми дверцами. Трехтележечный электровоз легко передвигается по кривым малого радиуса (до 60—80 м) и по путям, имеющим неровности в вертикальной плоскости.

Кузов электровоза EL-1 состоит из двух частей, каждая из которых имеет цельносварную кузовную раму и опирается на две тележки. Каждая часть кузова оборудована кабиной управления. Небольшие скосы по концам кузова служат для размещения компрессорных установок.

У электровозов EL-2 и электровозов управления ПЭ2М и ОПЭ-2 кузов состоит из центральной кабины машиниста и двух скосов, где размещено оборудование.

Кузов электровоза опирается на отдельные тележки. У электровозов EL-1, EL-2, Д-100 и тягового агрегата EL-10 кузов опирается на ходовые тележки через систему центральных и боковых опор. Центральные опоры предназначены для передачи веса кузова на тележки, боковые — для придания кузову поперечной устойчивости. У электровоза 21Е кузов и тележка составляют одно целое, так что рамой кузова служит верхняя часть тележки.

Установка кузова на отдельные тележки позволяет более равномерно распределить нагрузки между колесными парами, обеспечивает лучшее вписывание электровозов в кривые, позволяет создать рессорное подвешивание большой гибкости.

Электровозная тележка (как и вагонная) состоит из рамы, колесных пар с буксами, рессорного подвешивания и тормозной системы. Кроме того, между боковинами рамы тележки на каждой оси размещается тяговый электродвигатель, приводящий ось во вращение.

Двухтележечные электровозы (четырёхосные) имеют как сочлененные (EL-1), так и несочлененные (ОПЭ-1, ПЭ2М) тележки, трехтележечные — только сочлененные.

Рамы тележек электровозов 21Е, 26Е, EL изготавливаются сварными из листовой стали толщиной 20—30 мм. База тележек 2400—3000 мм. Рамы выполняются внешними, т. е. колесные центры находятся между боковинами рамы.

Рамы тележек предназначены для передачи и распределения вертикальной нагрузки от кузова на тележку, тягового или тормозного усилия (при сочлененных тележках), а также для восприятия боковых усилий, возникающих при движении электровоза по кривым участкам пути.

По концам тележек обычно укрепляются предохранительные деревянные брусья для защиты тележек и двигателей при сходе электровоза с рельсов.

Колесная пара электровоза состоит из оси, двух колесных центров с бандажами и одного

или двух зубчатых колес, расположенных между центрами. На концах осей предусмотрено закрепление шайб буксовых подшипников. Колесные центры напрессованы на оси с усилием 1000—1500 кН. Диаметры новых бандажей у электровозов 21Е — 1100 мм, EL-1 и EL-2 — 1120 мм, 26Е и Д94 — 1200 мм, у всех отечественных тяговых агрегатов — 1250 мм.

Зубчатые колеса применяются с косым зубом, цельные или составные (со съёмным венцом). Шестерни изготавливаются из высококачественной хромоникелевой стали. Передаточное число определяет тяговую характеристику электровоза, так как позволяет регулировать скорость и тягу локомотива. Лимитирующим является клиренс 110 мм при старых бандажах.

Буксы. На большинстве электровозов применены так называемые челюстные буксы. Корпус буксы перемещается вертикально в вырезе рамы. Эта традиционная конструкция применяется на многих вагонах и локомотивах. Новой конструкцией является бесчелюстная букса. В этом случае рама тележки не имеет буксовых вырезов, а корпус буксы — направляющих. Корпус буксы присоединяется к раме посредством двух поводков, в шарнирах которых запрессованы резинометаллические втулки. За счет упругой деформации резины и происходят перемещения корпуса вверх, вниз и по ходу электровоза. Преимущество — отсутствие трущихся частей.

Рессорное подвешивание служит для смягчения ударов от колесных пар и равномерного распределения нагрузок между осями. Для смягчения ударов применяются листовые или винтовые рессоры.

Распределение нагрузок осуществляется с помощью балансиров, соединяющих рессоры отдельных осей. Балансиры выполняются в виде листовых рессор или жестких балок. Группа сбалансированных рессор имеет одну точку подвешивания. Для устойчивого положения тележек в вертикальной плоскости таких точек должно быть не менее трех.

Пневматическая часть электровоза (тягового агрегата) состоит из следующих систем: тормозной, служащей для пневматического торможения электровоза и состава; управления, снабжающей сжатым воздухом приборы управления с пневматическим приводом; вспомогательной, обслуживающей сигнализацию, сеть пескоподачи и разгрузки думпкаров.

Сжатый воздух пневматическая система получает от установленных на электровозе двух-трех компрессоров производительностью по 100—150 м³/ч. Включение и выключение компрессоров происходит автоматически — в зависимости от давления воздуха в магистрали. Обычно компрессоры включаются при давлении 750 кПа, а выключаются — при 950 кПа.

Из компрессоров через маслоотделитель и обратные клапаны, препятствующие движению воздуха в сторону компрессоров, сжатый воздух попадает в главные резервуары. Затем от питательной магистрали воздух подводится к кранам на каждом посту управления. С помощью крана производится торможение и зарядка тормозной магистрали, откуда сжатый воздух подается во все воздухораспределители и запасные резервуары вагонов (нормальное давление 550 кПа). Промышленные электровозы кроме автотормозов оборудуются еще прямодействующим тормозом, действие которого распространяется только на электровоз.

Пневматическая система цепей управления снабжает сжатым воздухом при давлении 500 кПа токоприемники и аппараты (контакты, реверсоры, регуляторы).

Вспомогательная пневматическая система служит для подачи воздуха в форсунки песочниц для подсыпки песка под колеса электровоза, в звуковые сигналы, в управление автосцепкой и в магистраль опрокидывания вагонов для разгрузки.

Электрическая часть электровозов

Тяговые двигатели электровоза (рис. 37), устанавливаемые на электровозах, предназначены для преобразования электрической энергии в механическую. Тяговый двигатель с одной стороны через осевые подшипники опирается на ось колесной пары, а с другой подвешен к раме тележки посредством спиральных пружин или резиновых амортизаторов.

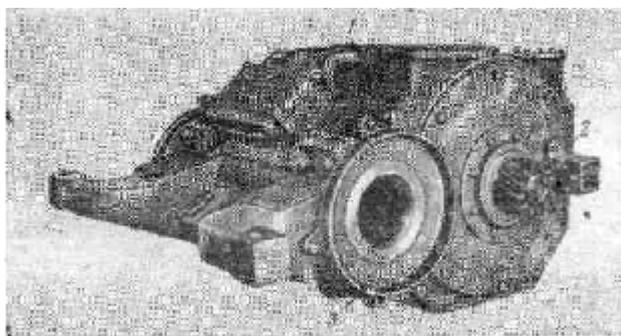


Рис. 37. Тяговый двигатель электровоза:

1 — корпус; 2 — ведущая шестерня; 3 — моторно-осевой подшипник

Работа тяговых двигателей протекает в условиях частых пусков (до 400 включений в сутки) при нагрузках, меняющихся по величине в широких пределах. Тяговый электродвигатель должен обладать большой перегрузочной способностью, так как бывает необходимым развивать значительную по сравнению с номинальной силу тяги во время пуска, а также при преодолении тяжелых подъемов пути. Подводимое к двигателям напряжение испытывает существенные колебания; возможны также отрывы токоприемников от контактной сети. В период движения двигатели постоянно подвергаются тряске и ударам (от неровностей пути), а также воздействию пыли, грязи, влаги и снега. Наконец, размеры тяговых электродвигателей стеснены расположением в ограниченном пространстве между центрами колесной пары. Вместе с тем тяговые двигатели должны быть доступны и удобны для осмотра, ремонта и обслуживания в эксплуатации.

Двигатели большинства промышленных электровозов последовательного (сериесного) возбуждения. Их преимуществами являются: наибольшая сила тяги при трогании, более равномерное распределение нагрузки между параллельно включенными двигателями, простота конструкции.

Тяговые электродвигатели характеризуются значением часовой и длительной мощности.

Для увеличения длительной мощности тяговые двигатели имеют принудительную вентиляцию — специальный вентилятор, установленный на электровозе.

Управление электровозом заключается в трогании с места, регулировании скорости, изменении направления движения, электрическом торможении. Для выполнения этих операций на электровозе имеется комплект пускорегулирующей электроаппаратуры (контроллер, электропневматические и электромагнитные контакторы, реверсор, реле и электроизмерительные приборы).

Для управления современными карьерными электровозами в большинстве случаев применяется так называемая косвенная система управления (рис. 38), в которой все переключения в высоковольтной цепи двигателей выполняются специальными аппаратами-контакторами. Управление контакторами производится машинистом с помощью низковольтного контроллера управления. При повороте рукоятки контроллера 1 с сегмента 2 напряжение подается на катушку 3 контактора *a* (затем *b* и *в*) и возбуждает ее. Якорь катушки поднимается и открывает клапан 4, впуская сжатый воздух из магистрали 5 в цилиндр 6 контактора. Поршень 7 цилиндра контактора при движениях вниз замыкает контакты 8, включая таким образом тяговые двигатели. Для питания цепей управления принимается низкое напряжение (не более 50 В). Это дает возможность изолировать машиниста от высоковольтной аппаратуры.

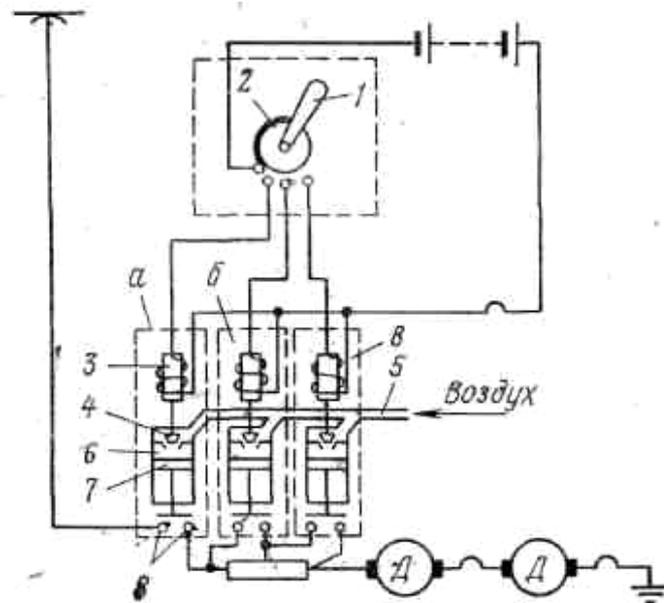


Рис. 38. Схема управления электровозом

При системе косвенного управления возможно управление несколькими электровозами из одного из них. Для этого нужно соединить между собой параллельно провода, идущие от контроллера к контакторам одного назначения на параллельно соединенных электровозах. При установке рукоятки контроллера одного из электровозов на первую позицию включаются контакторы *a* всех соединенных электровозов.

В соответствии с этим аппаратуру электровоза можно разделить на группы: силовой цепи; цепи управления и вспомогательных цепей; защиты; отопительные и измерительные приборы.

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

Питание электроэнергией от контактной сети осуществляется при* помощи центральных и боковых токоприемников, расположенных на кузове электровоза.

Центральные токоприемники (пантографы, см. рис. 34) представляют собой шарнирную рамную конструкцию. При движении электровоза подвижная часть пантографа под действием пружин всегда прижата к контактному проводу с усилием 80—120 Н. Управление пантографом пневматическое.

Боковые токоприемники (по одному с каждой стороны электровоза) используются при движении по передвижным путям с боковой контактной сетью. В нерабочем положении токоприемника его полз направлен параллельно оси электровоза. При подаче сжатого воздуха в цилиндр плечо токоприемника поворачивается на 90°, затем поднимается полз.

Для трогания с места тяговые двигатели 1—6 электровоза постоянного тока соединяются последовательно или последовательно-параллельно (рис. 39, *a*) и в цепь их дополнительно включаются сопротивления 1'—6' ограничивающие величину пускового тока. Для увеличения частоты вращения двигателя следует повышать напряжение на его зажимах. Поэтому по мере разгона электровоза с помощью контроллера поочередно выключаются отдельные секции пусковых сопротивлений. Скорость движения электровоза растет. Дальнейшее увеличение скорости движения достигается переходом на другое соединение двигателей — параллельное (рис. 39, *б*). В этом случае напряжение, приходящееся на каждый двигатель, возрастает вдвое, а следовательно, примерно вдвое увеличивается скорость движения. При новом соединении двигателей также возможно регулирование скорости движения введением или выведением пусковых сопротивлений.

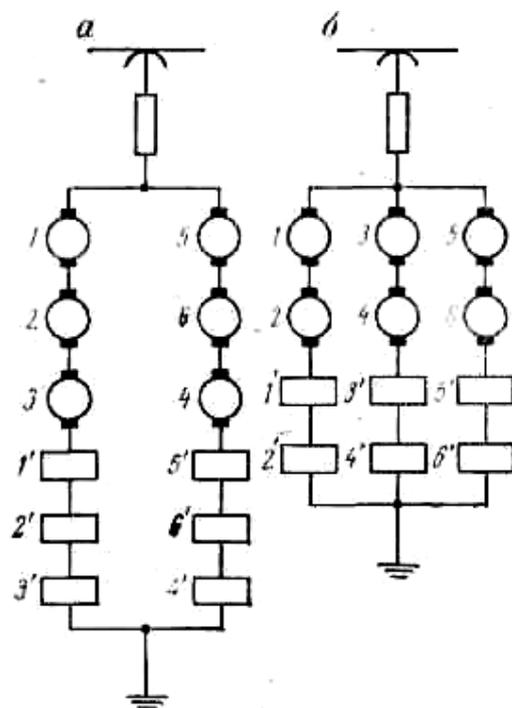


Рис. 39. Схемы соединения тяговых двигателей

На электровозах переменного тока путем различных комбинаций включения вторичных обмоток трансформатора осуществляется ступенчатое повышение напряжения на тяговых двигателях. Напряжение подается на кремниевые выпрямители. Для сглаживания пульсаций выпрямленного напряжения последовательно с тяговыми двигателями включается сглаживающий реактор.

На электровозах помимо пневматических тормозов действует электрическое торможение, основанное на обратимости тяговых двигателей. При движении электровоза под уклон якоря двигателей приводятся во вращение зубчатой передачей и двигатели работают как генераторы постоянного тока. Если в цепь генераторов включить сопротивления, то вырабатываемая электроэнергия будет поглощаться сопротивлениями и превращаться в тепло. В результате возникает тормозной эффект. Электрическое реостатное торможение имеют, как правило, все используемые в условиях карьеров электровозы.

Пусковые (тормозные) сопротивления силовой цепи собираются из отдельных чугунных литых элементов или фехралевых лент в специальных ящиках сопротивлений. Сопротивления охлаждаются за счет естественной вентиляции через жалюзи кузова (на электровозах IV-КП-1, EL-2, 21E) или принудительно с использованием вентиляторов (EL-1, ОПЭ-1).

Отдельные переключения в силовой цепи осуществляются контакторами, обычно электропневматическими, включение которых осуществляется сжатым воздухом.

Изменение направления движения (реверсирование) производится переменной направления тока в обмотках якоря. Для этого на электровозе предусмотрен реверсор.

К аппаратуре силовой цепи относятся также быстродействующий автоматический выключатель, защищающий цепь от коротких замыканий и перегрузок: разъединители для отключения неисправных двигателей и тормозные переключатели для соединения цепи двигателей в режиме реостатного торможения.

В состав аппаратуры цепи управления электровозом входят: контроллер, электромагнитные контакторы, электропневматические вентили, регуляторы, выключатели и переключатели.

Каждый электровоз оборудуется несколькими вспомогательными машинами. Обычно это генератор управления — электрическая машина, вырабатывающая ток низкого напряжения для питания цепей управления электровозам, а также двигатель-компрессоры, приводящие в движение компрессорные установки, и двигатель-вентиляторы для охлаждения тяговых двигателей и пуско-тормозных сопротивлений.

На электровозах переменного тока (Д100М, Д94, EL-10, ОПЭ-1) вентиляторы используются также для охлаждения масляных радиаторов главного трансформатора. Охлаждение игнитронных выпрямителей — жидкостное, кремниевых — принудительное воздушное.

§ 4. Тепловозы

Тепловозом называется локомотив, оборудованный двигателем внутреннего сгорания.

По способу передачи вращающего момента на движущие оси различают тепловозы с механической, электрической и гидромеханической передачей.

У тепловозов с механической передачей вращение от двигателя к движущим осям передается так же, как у автомобилей (через коробку передач и сцепление). Такая система используется при мощности не более 220 кВт.

Тепловозы с электрической передачей находят широкое применение на железных дорогах общего пользования и на карьерах. Электрическая передача заключается в том, что двигатель внутреннего сгорания (дизель) вращает генератор постоянного или переменного тока, который питает электроэнергией тяговые электродвигатели и вспомогательные машины.

Гидромеханическая передача представляет собой соединение обычной гидropередачи с механической (зубчатой) и позволяет передавать большую мощность, чем гидравлическая (до 750 кВт).

Для оценки тепловозной тяги по технико-эксплуатационным показателям наиболее важными характеристиками являются:

- коэффициент полезного действия тепловозов, составляющий 24—26%;
- значительная автономность тепловозов, не требующих контактной сети и не нуждающихся в частом пополнении запаса воды и топлива;
- высокая приспособленность к переменному режиму работы, характерному для карьерных условий (по гибкости регулирования силы тяги тепловоз с электрической передачей стоит выше электровоза).

Тепловозная тяга получила значительное распространение на рудных и угольных карьерах. В настоящее время тепловозы применяются на карьерах Центрального и Ново-Криворожского горно-обогатительных комбинатов, Качканарском, Коршуновском и Михайловском железорудных карьерах, Донских хромитовых карьерах, угольных карьерах Кузбасса и ряде других.

В качестве локомотивов здесь используются ,односекцион-ные маневровые тепловозы ТГМ-3 и ТЭМ-1, а также одна секция магистрального тепловоза ТЭ-3.

Характеристика тепловозов

| | ТГМ-3 | ТЭМ-1 | ТЭМ-2 | ТЭ-3 |
|---|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|
| Тепловоз: | | | | |
| число секций _____ | 1 | 1 | 1 | 2 |
| длина, мм _____ | 12 600 | 29 969 | 16 969 | 33 948 |
| Осевая формула _____ | 2 ₀ - 2 ₀ | 2 ₀ - 2 ₀ | 2 ₀ - 2 ₀ | 2(3 ₀ - 3 ₀) |
| Сцепной вес, кН _____ | 680 | 1235 | 1224 | 2520 |
| Дизель _____ | | | | |
| марка _____ | М7530 | 2Д50 | ПД1 | 2Д100 |
| номинальная мощность, кВт _____ | 550 | 736 | 880 | 1470 |
| Номинальная частота вращения, об/мин _____ | 1400 | 740 | 750 | 850 |
| Мощность на ободе движущих колес, кВт _____ | — | 550 | 660 | 2430 |
| Тип передачи _____ | Гидроме- ханическая | Электромеханическая | | |
| Расчетная сила тяги, кН _____ | — | — | — | 404 |
| Расчетная скорость, км/ч _____ | — | — | — | 20,5 |
| Мощность главного генератора, кВт _____ | — | 780 | 700 | 1350 |
| Мощность тягового двигателя, кВт _____ | — | 108 | 108 | 206 |

Тепловоз ТГМ-3. Главная рама тепловоза, несущая кузов вагонного типа и силовую дизельную установку со вспомогательным оборудованием, опирается на две двухосные тележки. На тепловозе установлены четырехтактный двенадцатицилиндровый дизель М753 и гидромеханическая передача, состоящая из гидротрансформатора и коробки передач. Дизель соединен карданным валом с гидротрансформатором и коробкой перемены передач, откуда мощность через другие карданные валы передается к осевым редукторам, расположенным на всех четырех осях тепловоза. В кабине машиниста размещен пульт управления тепловозом с приборами, контролирующими работу силовой установки и вспомогательных агрегатов.

Тепловоз ТЭМ-1 (рис. 40) с электрической передачей сцепным весом 1235 кН имеет дизель мощностью 736 кВт. Оборудование тепловоза монтируется на главной раме, которая устанавливается на двух трехосных тележках. Кузов тепловоза состоит из пяти частей: холодильной камеры, машинного отделения, высоковольтной камеры, кабины машиниста и отсека аккумуляторных батарей. В кабине установлен пульт с приборами управления тепловозом. На валу дизеля 2Д50 находятся: главный генератор, компрессор, вентиляторы охлаждения тяговых двигателей, генератор для питания цепей управления и освещения, вентилятор холодильника.

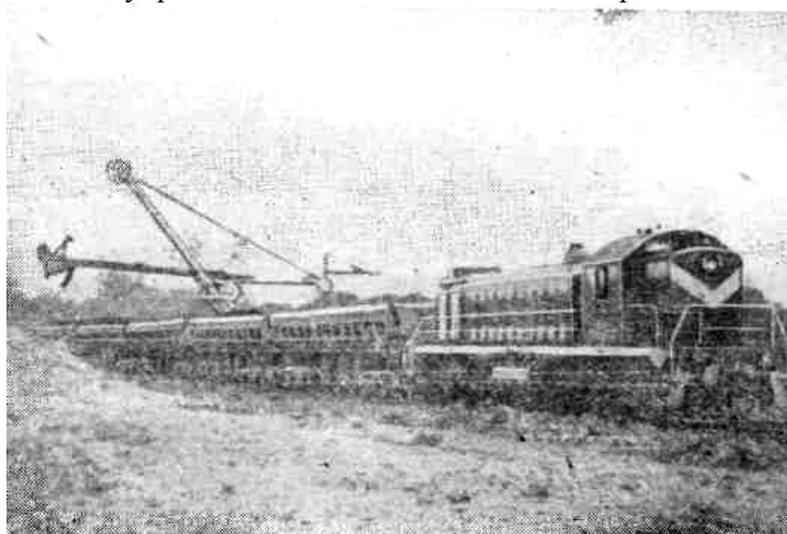


Рис. 40. Тепловоз ТЭМ-1

В результате модификации на базе тепловоза ТЭМ-1 создан тепловоз ТЭМ-2 с дизелем мощностью 880 кВт.

Тепловоз ТЭ-3 (рис. 41) со сцепным весом одной секции 1260 кН в каждой секции имеет дизель мощностью 1470 кВт.

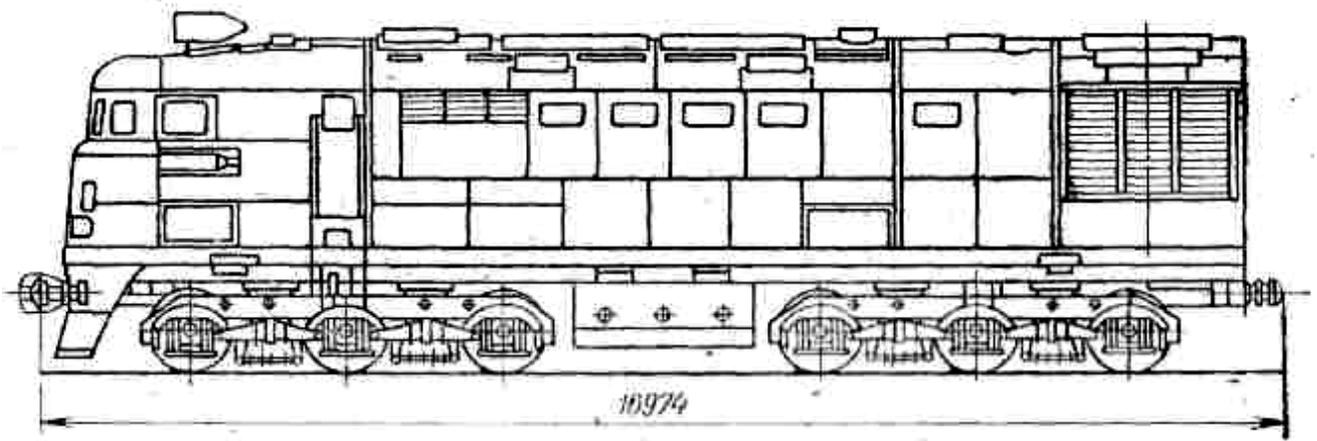


Рис. 41. Тепловоз ТЭ-3

Силовая установка и кузов тепловоза размещаются на главной раме, опирающейся на две трехосные тележки. Взаимозаменяемые тележки тепловоза имеют роликовые буксы.

Передний конец дизеля полужесткой муфтой связан с главным генератором постоянного тока, а задний конец вала связан с распределительным редуктором, от которого приводятся в движение компрессор, вентилятор тяговых двигателей и вентилятор холодильника.

Ток главного генератора поступает к шести тяговым двигателям последовательного возбуждения. Регулирование скорости тепловоза и его силы тяги производится изменением возбуждения генератора и частоты вращения дизеля посредством изменения подачи топлива. Каждая секция тепловоза имеет один пост управления.

Для тепловозов характерно, что мощность, реализуемая для тяги, т. е. мощность на ободах движущих колес, составляет всего 75—80% мощности дизелей. Остальные 25—20% мощности расходуются на приведение в действие систем охлаждения, вспомогательных машин и т. п.

Имеющийся опыт применения тепловозов в карьерах подтверждает целый ряд их эксплуатационных положительных качеств.

Использование тепловозов исключает надобность в контактной сети, которая удорожает транспорт и вносит значительные осложнения в работу карьера. На действующих карьерах стоимость контактной сети составляет 12—15% общей стоимости транспортирования. При наличии контактной сети затрудняется ведение взрывных работ, усложняются переходы экскаваторов из забоя в забой и перевозка по железнодорожным путям негабаритного оборудования (буровых станков, кранов и т. д.).

Крайне нежелательна контактная сеть на отвалах, где обычно неудовлетворительное ее состояние резко сокращает скорость движения электровозов. Все эти обстоятельства, трудно оценимые в стоимостном выражении, имеют существенное значение при оценке эффективности применения тепловозной тяги в карьерах.

Анализируя результаты работы тепловозов в карьерах, можно отметить, что современные тепловозы наиболее эффективны в карьерах незначительной глубины при большой протяженности путей. Капитальные затраты на приобретение основного оборудования при тепловозном транспорте на 15—20% выше, чем при электровозном. Автономность тепловозного транспорта позволяет сократить сроки горно-капитальных работ. Сокращение времени на переукладку неэлектрифицированных путей, отсутствие потерь рабочего времени при ведении взрывных работ для отключенной контактной сети повышает производительность погрузочно-транспортного комплекса на 10—15%.

§ 5. Ремонт локомотивов

Для содержания локомотивов в исправном состоянии и пополнения запаса топлива, воды, смазки и песка на карьерах предусматриваются локомотивные депо и экипировочные пункты.

Для электровозов и тяговых агрегатов установлены следующие виды ремонтов: малый периодический, большой периодический, подъемочный, заводские ремонты первого и второго объема. Для электровозов установлен также контрольно-технический осмотр.

При контрольно-техническом осмотре проверяются ходовые части, сцепные приборы, тормозная и пневматическая системы. Осмотр обычно производится электровозной бригадой на линии во время приема смены и, как правило, без захода в депо.

Малый периодический ремонт производится один раз в 1,5 мес и занимает 1—1,5 сут. При этом тщательно проверяются все элементы механической и электрической части с устранением замеченных неисправностей.

Подъемочный ремонт производится один раз в 15 мес. При этом производится выкатка и обточка колесных пар, разборка тяговых двигателей и вспомогательных машин с пропиткой якоря.

Заводской ремонт первого объема производится один раз в 3—4 года, а второго объема — один раз за 10 лет. Эти ремонты выполняются на электровозоремонтных заводах или в специализированных цехах заводов при предприятии. Время ремонта составляет 20—25 сут.

Здание депо состоит из ряда специализированных стойл для производства того или иного вида ремонта и мастерских. Стойла оборудуются смотровой канавой, представляющей собой углубление между нитками пути, и подъемным краном. Число стойл определяется общим объемом ремонтных работ на предприятии, а длина — типом локомотива.

В электровозных депо имеются мастерские: слесарно-механическая, электромашинная, пропиточно-сушильная, электроаппаратная, кузнечная, бандажная, заливочная, сварочная, компрессорная, столярная, испытательная станция и ряд других.

Локомотивные депо разделяются, на основные и смотровые. Смотровые депо имеют всего одну канаву и предназначенье для технического осмотра и периодического ремонта электровозов. Смотровые депо строят в случаях, когда на предприятии имеется несколько отдельных направлений. Основные депо сооружаются на площадке технологического комплекса карьера или вблизи породных станций.

Обычно на карьерах строят совмещенные электровозовагонные депо с выделением соответствующих стойл и помещений для ремонта электровозов и вагонов.

Для тепловозов установлены: малый периодический, большой периодический, подъемочный и заводской ремонты.

Малый периодический ремонт производят через 1,5 мес работы. При этом профилактически осматривают и ремонтируют ответственные узлы и части тепловозов, устраняют дефекты, которые не могут быть выполнены силами локомотивной бригады.

Большой периодический ремонт производят через 7—8 мес работы. В этом случае осматривают и ремонтируют поршневую группу двигателя внутреннего сгорания, коренные подшипники коленчатого вала двигателя, а также другие вспомогательные агрегаты тепловозов.

Подъемочный ремонт производится через 15 мес работы. При этом производятся обточка колесных пар, ремонт ходовых частей, осмотр, ремонт и пропитка тяговых двигателей, ремонт двигателей внутреннего сгорания и других вспомогательных устройств, узлов и частей тепловозов.

Заводской ремонт тепловозов производится через 5 лет работы. При ремонте восстанавливают основные части и отдельные узлы тепловоза: дизеля, главного генератора, вспомогательного генератора, компрессора, холодильника, тяговых электродвигателей и экипажа.

Для ремонта локомотивов целесообразно применять агрегатный метод, суть которого заключается в том, что заранее отремонтированные узлы и агрегаты (тележки, двигатели, аппараты, и пр.) устанавливаются на прибывший в ремонт локомотив, а изношенные агрегаты снимаются с локомотива и отправляются в цехи для ремонта. Такой метод улучшает качество ремонта и сокращает время простоя локомотива в ремонте.

Работающий локомотив должен периодически пополнять израсходованные запасы воды, топлива, смазки, песка. Для этой цели на станциях карьеров предусматриваются экипировочные пункты со складами топлива и смазки, гидроколонками и песко-сушилками. Для сокращения времени простоя локомотивов под экипировкой все операции должны быть механизированы.

ГЛАВА 5. ТЯГА ПОЕЗДОВ.

На движущийся поезд действуют различные по направлению и величине силы. Это — внешние силы или их составляющие, направленные по линии движения; составляющие сил, действующих перпендикулярно к направлению движения; внутренние силы, возникающие в процессе неустановившегося движения поезда и действующие между отдельными единицами подвижного состава.

Непосредственное влияние на движение поезда оказывают внешние силы, направленные по линии движения: сила тяги F , сила сопротивления движению W и тормозная сила B .

§ 1. Сила тяги

Механическая работа, требуемая для движения поезда, создается на валах электродвигателей электровоза, в цилиндрах дизеля тепловоза или в цилиндрах паровой машины паровоза и посредством передаточного механизма передается на движущие колеса.

Вращающий момент, передаваемый на колесо локомотива, может быть представлен в виде пары сил $F—F$, приведенной к ободу колеса (рис. 42). Однако пара сил $F—F$, являясь по отношению к локомотиву внутренней, не может вызвать его поступательного движения. Для движения необходима внешняя опора, которой являются рельсы. Стоя на рельсах, локомотив оказывает на них давление, поэтому в точке возникает сцепление между колесом и рельсом. При вращении колеса под действием пары сил возникает горизонтальная реакция рельса F_k , равная силе F . Под действием силы F , приложенной к центру колеса, локомотив приходит в движение. Однако поскольку сила F является движущей только при наличии реакции рельса F_k , то последнюю называют касательной силой тяги, или силой тяги на ободу колеса. Таким образом, силой тяги называется создаваемая двигателем локомотива во взаимодействии с рельсом управляемая внешняя сила, приложенная к движущим колесам локомотива в направлении его движения.

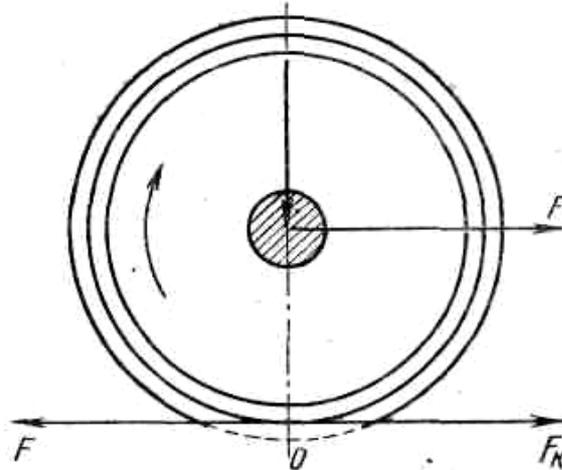


Рис. 42. Схема сил для определения касательной силы тяги

Регулируется сила тяги изменением величины тока у электровозов и изменением подачи топлива у тепловозов. Сила тяги любого локомотива ограничивается тремя его основными элементами: источником энергии, двигателем и сцепным весом.

Общей для всех локомотивов является зависимость силы тяги от сцепного веса. При реализации силы тяги до определенного предела колесо катится по рельсу так, что точку O касания обода колеса с рельсом можно считать мгновенным центром вращения. Нормальное движение нарушается, когда точка O начинает двигаться относительно рельса. Это происходит, если действующая сила тяги (H) превышает силу сцепления колеса с рельсом (наступает буксование), т. е.

$$F_k > P\psi$$

где P — давление колеса на рельс, кН;

ψ — коэффициент сцепления.

Сила тяги, реализуемая локомотивом, при этом резко падает, так как значительно уменьшается сила сцепления. Условием нормального движения является

$$F_k \leq 1000 P\psi.$$

Величина коэффициента сцепления ψ зависит от многих физических и эксплуатационных факторов, в первую очередь от состояния соприкасающихся поверхностей. Точно рассчитать величину ψ невозможно, ее определяют опытным путем. Для этого при опытах динамометром или

по току двигателя измеряют ту наибольшую силу тяги, при которой локомотив движется без боксования. Зная сцепной вес локомотива и силу тяги, определяют коэффициент сцепления.

Чтобы увеличить коэффициент сцепления, под движущие колеса подсыпают песок. Это широко используется в условиях тяжелого профиля карьерных путей, особенно при трогании состава с места.

Сила тяги электровоза ограничивается сцепным весом и максимально допустимым током двигателей (коммутацией). Для электровозов среди других факторов, определяющих величину коэффициента сцепления, находится схема соединения тяговых двигателей. Для электровозов с параллельным соединением двигателей (к ним относятся электровозы постоянного тока, работающие от сети напряжением 1500 В, и электровозы переменного тока) коэффициент сцепления при движении составляет 0,25—0,26, при трогании с места 0,32—0,34. Для электровозов с последовательно-параллельным соединением двигателей (к ним относятся электровозы постоянного тока, работающие от сети напряжением 3000 В) коэффициент сцепления при движении можно принимать равным 0,22—0,23, при трогании с места 0,28—0,3.

Существует также ограничение силы тяги электровозов по условию нагревания тяговых двигателей, связанное с продолжительностью работы при данном тяговом усилии, т. е. с продолжительностью протекания по обмоткам двигателей тока данной величины (см. гл. 5, § 5).

Сила тяги электровоза и его скорость регулируются изменением тока двигателей с помощью контроллера. Кроме того, на каждой позиции контроллера происходит автоматическое изменение силы тяги и скорости в зависимости от профиля пути. Графики, характеризующие изменение силы тяги, развиваемой одной осью, и скорости движения в зависимости от тока двигателя, называются электромеханическими характеристиками (рис.43).

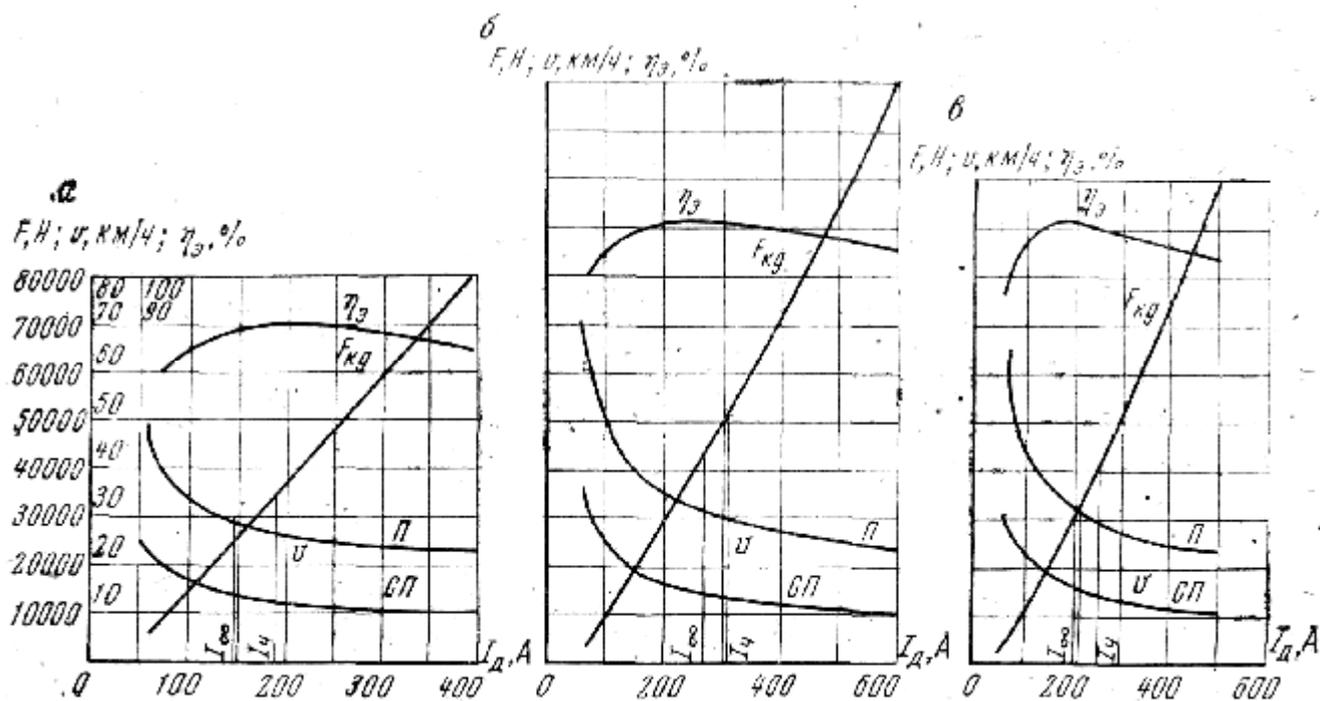


Рис. 43. Электромеханические характеристики двигателя электровозов:
а — 21Е; б — 26Е; в — EL-1, EL-2

Сила тяги меняется при изменении тока по закону

$$F = 0,367c\Phi I - \Delta F,$$

где c — постоянный коэффициент, зависящий от конструкции тягового двигателя, диаметра колеса и передаточного отношения;

Φ — магнитный поток двигателя;

I — ток двигателя;

ΔF — уменьшение силы тяги, вызванное потерями в двигателе и передаче.

Для ориентировочных расчетов при определении силы тяги электровоза можно пользоваться формулой

$$F = \frac{1960N_v}{v - 0,5v_v} - 29,5F_v$$

где N_v , v_v и F_v — соответственно мощность (кВт), скорость (км/ч) и сила тяги (Н) электровоза при часовом режиме.

Скорость движения электровоза изменяется по закону

$$v = \frac{U_{\text{дв}} - IR}{c\Phi}$$

где v — скорость движения электровоза, км/ч;

$U_{\text{дв}}$ — напряжение, подведенное к двигателю, В;

R — сопротивление в цепи обмоток двигателя, Ом.

Поскольку магнитный поток почти пропорционален току двигателя, зависимость $v = f(I)$ имеет гиперболический характер. Однако в области больших токов из-за насыщения магнитной цепи зависимость отклоняется от гиперболической и скорость мало изменяется при увеличении тока.

Скорость движения электровоза изменяется примерно пропорционально напряжению, подведенному к двигателю. Две скоростные характеристики двигателя на рис. 43 соответствуют разному соединению тяговых двигателей (последовательно-параллельному или параллельному), когда к двигателю подводится половинное или полное напряжение.

Электромеханические характеристики позволяют определять скорость электровоза при движении по различным элементам профиля. Тяговая характеристика $F = f(v)$ при необходимости может быть легко построена по известной электромеханической характеристике. Тяговое усилие электровоза определяется как сумма сил тяги, развиваемых каждым двигателем.

Ток электровоза

$$I_v = n_v I_{\text{дв}}$$

где n_v — число параллельных цепей в схеме электровоза.

Сила тяги тепловоза ограничивается мощностью дизеля, а также нагревом генератора и тяговых электродвигателей.

У тепловозов с электрической передачей генератор превращает эффективную мощность двигателя внутреннего сгорания N_e в электрическую

$$N_v h_g = N_e = \frac{UI}{1000},$$

где N_e — эффективная мощность двигателя внутреннего сгорания, кВт;

η_g — к. п. д. генератора;

N_g — мощность генератора, кВт;

U — напряжение, В;

I — сила тока, А.

Мощность, развиваемая на ободе движущих колес тепловоза,

$$N_k = N_e h_g h_{\text{д.з}} = N_e h_g h_g h_{\text{д.з}}$$

где η_e — коэффициент, учитывающий потери энергии для служебных целей (привод вентиляторов, компрессора холодильника и т. д.);

$\eta_{\text{д.з}}$ — к. п. д. электродвигателя и зубчатой передачи.

Касательная сила тяги тепловоза

$$F_k = \frac{3600 N_k}{v} = 3600 \frac{N_e}{v} h_g h_g h_{\text{д.з}}$$

§ 2. Силы сопротивления движению

Силами сопротивления называются появляющиеся в процессе движения неуправляемые силы, направленные против движения поезда.

Различают основное сопротивление, действующее при движении, по прямому горизонтальному участку пути, и дополнительное, возникающее при движении по уклонам, кривым участкам пути и при трогании с места. Почти все силы сопротивления движению пропорциональны весу подвижного состава, поэтому в расчетах пользуются значениями удельного сопротивления движению (в Н/кН), т. е. сопротивления, отнесенного к единице веса поезда.

Основное сопротивление движению

На прямом горизонтальном участке пути имеет место только основное сопротивление, которое складывается из трех составляющих:

а) внутреннего сопротивления подвижного состава, определяемого в основном трением в буксах (трение, в свою очередь, зависит от типа буксовых подшипников, вида и количества смазки и температуры окружающей среды). При роликовых подшипниках внутреннее сопротивление значительно меньше, чем при подшипниках скольжения (особенно при трогании с места);

б) сопротивления пути, возникающего в результате трения качения и трения скольжения между колесом и рельсом, трения реборд о рельсы и ударов на стыках и неровностях пути. Для передвижных путей, имеющих неровности в плане и профиле, сопротивление пути является главной составляющей основного сопротивления движению;

в) сопротивления воздушной среды, пропорционального площади поперечного сечения подвижного состава и квадрату скорости движения.

Ввиду многообразия факторов, определяющих основное сопротивление движению, практически невозможно вычислить точные значения его отдельных составляющих. Поэтому расчетные величины удельного основного сопротивления определяют по эмпирическим формулам, полученным на основе данных массового опытного измерения.

Эмпирические формулы строятся обычно с учетом трех основных факторов (конструкции подвижного состава, его веса и скорости движения) и имеют один из видов:

$$w_0 = a + bv + cv^2;$$

$$w_0 = a + \frac{b + cv + dv^2}{eq};$$

$$w_0 = a + \frac{bv}{q};$$

$$w_0 = a + bv$$

где w_0 — удельное основное сопротивление движению, Н/кН;

a, b, c, d, e — эмпирические коэффициенты, отражающие влияние состояния пути, конструкции подвижного состава и пр.;

v — скорость движения, км/ч;

q — вес вагона (порожного или груженого в зависимости от направления движения поезда), кН.

Для расчетов основного сопротивления четырех- и шестиосных грузовых вагонов на стационарных путях может быть использована формула, применяемая при расчетах на железнодорожных путях общего пользования,

$$w_0'' = 0,7 + \frac{(8,0 + 0,1v + 0,0025v^2)10}{q_0},$$

где q_0 — нагрузка от оси вагона на рельсы, кН.

Основное сопротивление движению думпкаров по карьерным путям может быть определено по формулам, предложенным институтом ПромтрансНИИпроект:

для четырехосных груженых думпкаров на постоянных путях

$$w_0'' = 2,9 + 0,026v;$$

для шестиосных груженых думпкаров

$$w_0'' = 3,6 + 0,15v;$$

Электровозы имеют различное сопротивление при движении под током и без тока. Во втором случае сопротивление повышается на величину потерь на трение в ходовых частях и зубчатых передачах (табл. 10).

Т а б л и ц а 1 0

Значения основного сопротивления движению w_0' электровозов

| Пути | w_0' (Н/кН) при движении | |
|--------------------------------|----------------------------|--------------------|
| | под током | без тока |
| Постоянные | $1,5 + 0,0014v^2$ | $4,18 + 0,0014v^2$ |
| Передвижные балластированные | $2,4 + 0,003v^2$ | $5,16 + 0,003v^2$ |
| Передвижные небалластированные | $3,5 + 0,0027v^2$ | $6,18 + 0,0027v^2$ |

Этими же формулами можно пользоваться и для тепловозов с электрической передачей.

По мере совершенствования подвижного состава и улучшения состояния рельсового пути

принятые эмпирические выражения для определения основного сопротивления движению будут изменяться. В частности, с внедрением на карьерах новых локомотивов, шести- и восьмиосных думпкаров вновь возникает необходимость в опытном определении сопротивления движению поездов.

В расчетах для простоты также принято пользоваться удельным основным сопротивлением поезда в целом

$$w_0 = \frac{Pw'_0 + Qw''_0}{P + Q},$$

где P — вес локомотива, кН;

Q — вес прицепной части поезда, кН.

В приближенных расчетах пользуются значением $w_0 = 2 \div 3$ Н/кН.

Дополнительное сопротивление движению

Сопротивление от уклона пути. При движении по уклону под углом поезд испытывает дополнительное сопротивление от действия составляющей его веса (рис. 44). Считая вес поезда Q приложенным в центре тяжести, разложим силу Q на составляющие. Составляющая $Q \cos \alpha$, перпендикулярная направлению движения, уравнивается реакцией рельсов. Другая составляющая $W_i = Q \sin \alpha$ параллельна направлению движения и представляет собой дополнительное сопротивление от уклона.

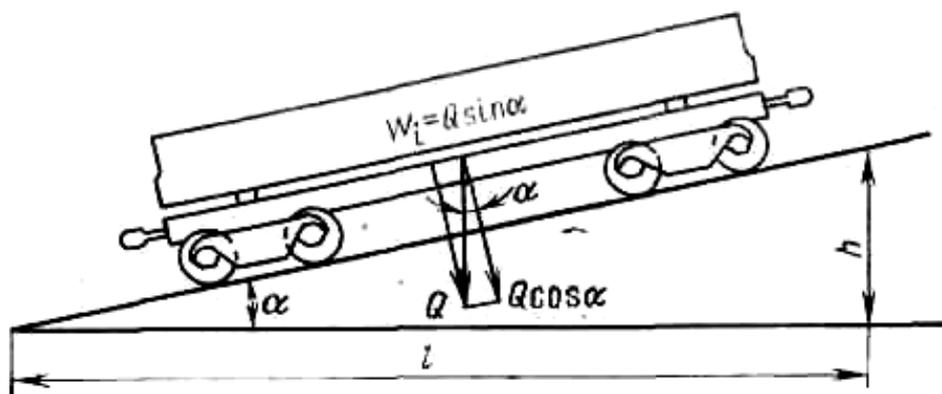


Рис. 44. Схема к определению сопротивлений от уклона пути

Так как угол α при локомотивной тяге не превышает 4° , то $\sin \alpha \approx \operatorname{tg} \alpha$. Тогда $W_i = 1000Q \operatorname{tg} \alpha$.

Крутизна уклона определяется величиной подъема или спуска (м) на протяжении 1000 м и измеряется в тысячных i (‰):

$$i = 1000 \operatorname{tg} \alpha.$$

Следовательно, $W_i = Qi$, Н.

Удельное сопротивление от уклона

$$w_i = \frac{W_i}{Q} = i$$

Удельное сопротивление от уклона численно равно величине уклона в тысячных, т. е. каждая тысячная уклона вызывает сопротивление 1 Н/кН. Сопротивление от уклона положительно при движении поезда на подъем. При движении под уклон w_i имеет отрицательное значение, так как составляющая веса в этом случае способствует движению.

Сопротивление от кривизны пути. При прохождении составом кривых участков пути возникает сопротивление вследствие дополнительного трения гребней колес о рельсы, скольжения колес, поворота тележек вагонов и локомотивов, которое зависит в основном от радиуса кривой и ширины колеи. Для вычисления w_R (Н/кН) пользуются эмпирическими зависимостями (табл. 11)

$$w_R = \frac{A}{R} \quad \text{или} \quad w_R = \frac{A}{R} \cdot \frac{L_R}{l_n},$$

где A — эмпирический коэффициент;

R — радиус кривой, м;

L_R — длина кривой, м;

l_n — длина поезда, м.

Зависимость удельного сопротивления движению от кривизны пути

| Пути | Удельное сопротивление ω_R (Н/кН) при ширине колеи, мм | |
|--------------|---|-----------------|
| | 1520 | 750 |
| Стационарные | $\frac{700}{R}$ | $\frac{425}{R}$ |
| Передвижные | $\frac{1300}{R}$ | $\frac{800}{R}$ |

Приведенные выражения справедливы для случаев, когда длина поезда менее или равна длине кривой. При длине поезда больше длины кривой эти выражения нужно умножить на отношение $\frac{L_R}{l_n}$

Приведенный уклон. Совпадение кривой с уклоном выражают суммарным сопротивлением, заменяя сопротивление от кривой фиктивным подъемом.

В этом случае приведенный уклон i_n (‰) определяется по формуле

$$i_n = \pm I + \omega_R, \text{‰}$$

Полное сопротивление движению поезда $W(H)$ определяется суммой составляющих сопротивлений:

$$W = P(w'_0 + w_R \pm i) + Q(w'' + w_R \pm i)$$

§ 3. Тормозная сила поезда

Тормозной силой называется создаваемая искусственно регулируемая внешняя сила, направленная против движения.

Чаще всего тормозную силу создают прижатием тормозных колодок к колесам локомотива и вагонов.

На электровозах тормозной эффект может быть создан также переводом тяговых электродвигателей в генераторный режим. При рекуперативном варианте торможения кинетическая энергия поезда превращается в электрическую энергию, возвращаемую в сеть. При реостатном варианте тормозной эффект возникает в результате поглощения электроэнергии в сопротивлениях.

В результате прижатия тормозной колодки к катящемуся колесу с силой нажатия K возникает сила трения $K\varphi_k$ (где φ_k — коэффициент трения между колодкой и колесом, рис. 45). Вызывая реакцию буксы, сила $K\varphi_k$ образует с ней внутреннюю пару сил $K\varphi_k$ и OC . Заменяем эту пару сил эквивалентной парой сил $B_o B_k$. Сила B_o при сцеплении колеса с рельсом вызывает горизонтальную реакцию рельса, которая, будучи внешней силой, способствует замедлению движения.

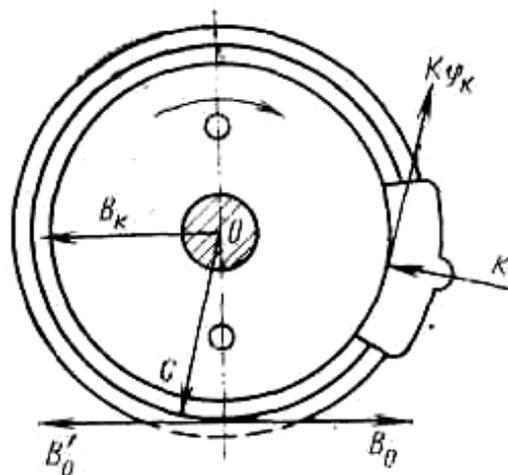


Рис. 45. Схема действия тормозной силы

В этом случае происходит процесс, аналогичный созданию силы тяги.

Таким образом, тормозная сила

$$B_k = K j_k$$

Величина тормозной силы, как и силы тяги, ограничена силой сцепления колеса с рельсом

$$K j_k \leq P y$$

При несоблюдении приведенного усилия происходит заклинивание колеса (движение

юзом).

Расчетные значения суммарного нажатия чугунных колодок на ось следующие, кН:

| | |
|-----------------------------------|------|
| для четырехосных груженых вагонов | 70 |
| для четырехосных порожних вагонов | 36 |
| для шестиосных груженых вагонов | 1200 |
| для электровозов и тепловозов | 100 |

Величина нажатия колодок на колеса определяется параметрами и прочностью тормозной системы.

Тормозная сила поезда (Н)

$$B_{\kappa} = 1000 \sum K j_{\kappa}$$

или

$$B_{\kappa} = 1000 j_{\kappa} \left(\sum P K + \sum Q K \right),$$

где $\sum P K$ — сумма нажатия колодок на оси локомотива, Н;

$\sum Q K$ — сумма нажатий колодок на оси вагонов, Н.

Удельная тормозная сила (Н/кН)

$$b_{\kappa} = \frac{B_{\kappa}}{P+Q} = 1000 j_{\kappa} \frac{\sum K}{P+Q}.$$

Отношение $\frac{\sum K}{P+Q}$ называют расчетным тормозным коэффициентом поезда J , выражающим нажатие колодок в ньютонах на единицу веса поезда.

В расчетах, где учитывается применение экстренного торможения, значение расчетного тормозного коэффициента рекомендуется принимать равным его полной величине. Там же, где учитывается служебное торможение, значение J рекомендуется принимать равным 0,8 его полной расчетной величины. Тогда

$$b_{\kappa} = 1000 \varphi_{\kappa} J$$

Коэффициент трения колодки о колесо:

при стандартных чугунных колесах

$$j_{\kappa} = 0,6 \frac{16K + 100g}{80K + 100g} \cdot \frac{v + 100}{5v + 100};$$

при композиционных (пластмассовых) колодках

$$j_{\kappa} = 0,44 \frac{K + 20g}{4K + 20g} \cdot \frac{v + 150}{2v + 150};$$

где K — нажатие на одну тормозную колодку, кН;

v — скорость движения, км/ч.

Следовательно, усиление тормозных средств карьерного подвижного состава нужно осуществлять за счет увеличения суммарного нажатия колодок на колесо и применения композиционных колодок.

§ 4. Уравнение движения поезда

Уравнение движения поезда представляет собой математическое выражение зависимости между ускорением поезда и равнодействующей сил тяги, сопротивления движению и торможения.

Движение поезда рассматривается как движение массы M_1 сосредоточенной в центре тяжести поезда. Тогда по закону Ньютона равнодействующая сил, приложенных к поезду,

$$R = M_1 a$$

где a — ускорение поезда, м/с².

При бесконечно малых изменениях скорости

$$a = \frac{dv}{dt}.$$

Если бы масса поезда M_1 имела только поступательное движение, то величину ее можно было бы определить через вес поезда $P + Q$, т. е.

$$M_1 = M = \frac{1000(P+Q)}{g},$$

где g — ускорение свободного падения, равное 9,81 м/с² или 127 000 км/ч².

Некоторые части поезда кроме поступательного движения совершают вращательное движение (колесные пары вагонов и локомотива, якоря тяговых двигателей, шестерни и т. д.), поэтому действительная (приведенная) величина массы

$$M = M_1 + g M_1 = \frac{1000(1+g)}{g}(P+Q)$$

Или

$$M = 102(1-g)(P+Q),$$

где $g \gg 0,06 \div 0,1$ — коэффициент инерции вращающихся масс.

Если на поезд при движении действуют только сила тяги и сила сопротивления движению, то равнодействующая

$$R = F - W.$$

Подставляя значения R , M и a , получаем

$$F - W = \frac{1000(1+g)}{g}(P+Q) \frac{dv}{dt}.$$

В окончательном виде уравнение движения поезда

$$\frac{dv}{dt} = \frac{g}{1000(1+g)} \cdot \frac{F - W}{P + Q}.$$

Обозначаем

$$c = \frac{g}{1000(1+g)}.$$

Для эксплуатационных расчетов принимается $g = 0,06$ и $c = \frac{1}{108}$.

Пользуясь удельными значениями действующих сил, можно уравнение движения отнести к весу поезда:

удельная сила тяги (Н/кН)

$$f = \frac{F}{P+Q};$$

удельная сила сопротивления (Н/кН)

$$w = \frac{W}{P+Q};$$

удельная тормозная сила (Н/кН)

$$b = \frac{B}{P+Q};$$

Уравнение движения в удельной форме

$$\frac{dv}{dt} = c(f - w).$$

Разность ($f-w$) называется ускоряющим усилием. В зависимости от режима движения возможны следующие частные случаи:

если

$$f > w, \quad \text{то} \quad \frac{dv}{dt} > 0$$

и выражение

$$\frac{dv}{dt} = c(f - w)$$

характеризует ускоренное движение;

если

$$\frac{dv}{dt} = \pm cw$$

то происходит движение без приложения тягового усилия и без торможения — движение является замедленным или ускоренным в зависимости от знака ω ;

если

$$\frac{dv}{dt} = -c(w + b)$$

то происходит замедленное движение с применением торможения;

при равномерном движении $\frac{dv}{dt} = 0$, а следовательно, $f - \omega = 0$ и $f = \omega$, т. е. при равномер-

ном движении сила тяги полностью затрачивается на преодоление сопротивлений движению (основного и дополнительного).

§ 5. Тяговые расчеты

Определение веса состава

Вес состава в карьерных условиях определяется из условия равномерного движения поезда по руководящему подъему с полным использованием сцепного веса локомотива.

При равномерном движении, когда $\frac{dv}{dt} = 0$, сила тяги F_k (Н)

равна силе сопротивления движению:

$$F_k = P(w'_o + i_p) + Q(w''_o + i_p),$$

где P — расчетный вес локомотива, кН;

Q — вес прицепной части поезда, кН.

Отсюда

$$Q = \frac{F_k - P(w'_o + i_p)}{w''_o + i_p}$$

Значение силы тяги F_k может быть принято из условия

$$F_k = 1000 P_{cy} \psi$$

где P_{cy} — сцепной вес локомотива, кН;

ψ — коэффициент сцепления при движении.

При электровозной тяге, когда $P = P_{cy}$ (полный вес равен сцепному),

$$Q = \frac{P_{cy}(1000\psi - w'_o - i_p)}{w''_o + i_p}.$$

При моторвагонной тяге вес прицепной части поезда Q_{np} без учета моторных вагонов (кН)

$$Q_{np} = \frac{(1000\psi - w'_o - i_p)[P_{\text{э.в.}} + n_m(q_{m.m} + q_m)]}{w''_o + i_p},$$

где $P_{\text{э.в.}}$ — сцепной вес электровоза управления, кН;

n_m — число моторных думпкаров в составе;

$q_{m.m}$ — тара моторного думпкара, кН;

q_m — подъемная сила моторного думпкара, кН.

При остановках поезда на руководящем или смягченном уклоне производят проверку выбранного веса состава по условиям трогания на заданном профиле с учетом повышения сопротивления движению и затрат тягового усилия на преодоление силы инерции.

Исходя из уравнения движения в его общем виде при электровозной тяге

$$Q_{np} = \frac{P_{cy}(1000\psi_{mp} - w'_o - w_{mp} - i_p - 108a)}{w''_o + w_{mp} + i_p + 108a},$$

где ψ_{mp} — коэффициент сцепления при трогании;

w_{mp} — дополнительное сопротивление при трогании, Н/кН;

a — ускорение при трогании, принимается в пределах 0,025—0,05 м/с²;

i_{mp} — подъем элемента профиля, на котором происходит трогание состава, ‰.

Число вагонов в составе

$$n = \frac{Q}{q + q_m} = \frac{Q}{q(1 + k_m)},$$

где q — грузоподъемность вагона, кН;

q_m — тара вагона, кН;

k_m — коэффициент тары.

Расчет тормозных средств

Тормозные средства поезда должны обеспечивать безопасное движение с установленными скоростями и остановку поезда на длине тормозного пути.

Тормозным путем называется расстояние, которое проходит поезд от начала торможения до полной остановки.

Полный, или расчетный, тормозной путь

$$L_m = L_{n\partial} + L_\partial$$

где $L_{n\partial}$ — предтормозной путь, проходимый поездом за время приведения тормозов в действие, м.

Определяется временем приведения тормозов в действие t_o и скоростью движения в течение этого времени v_n .

Для магистральных железных дорог при уклонах до 20‰ предтормозной путь принято рассчитывать по формуле

$$L_{n\partial} = \frac{v_n \cdot 1000 t_o}{3600} = 0,278 v_n t_o.$$

При тормозах грузового типа и экстренном торможении $t_o = 7$ с, при служебном торможении — 13 с.

При движении по крутым уклонам, как это имеет место в карьерах, следует учитывать, что за время приведения тормозов в действие скорость движения увеличивается и, следовательно, увеличивается предтормозной путь, тогда

$$L_{n\partial} = \frac{v_n t_o}{3,6} + 4,62 \cdot 10^{-3} (\pm i - w_o) t_o^2.$$

Действительный путь торможения L_∂ устанавливается при решении уравнения движения методом приближенного аналитического интегрирования. Метод заключается в том, что в уравнении движения поезда вместо бесконечно малых приращений скорости принимают конечные малые приращения и в их пределах величину ускоряющей силы считают постоянной.

Принимая силу $f - w$ в пределах скорости $v_1 - v_2$ постоянной, получаем зависимость скорости от расстояния $v = f(L)$:

$$L_\partial = L_2 - L_1 = \int_{v_1}^{v_2} \frac{v dv}{c(f - w)} = \frac{1}{120(f - w)} \int_{v_1}^{v_2} v dv = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2 \cdot 120(f - w)}.$$

Считая $v_2 = v_n$ и $v_1 = v_k$, где v_n и v_k — соответственно начальная и конечная скорость движения (к/ч), имеем

$$L_\partial = \frac{1000(v_n^2 - v_k^2)}{2 \cdot 120(f - w)} = \frac{4,17(v_n^2 - v_k^2)}{f - w} = \frac{4,17(v_n^2 - v_k^2)}{b_k + w_o - i},$$

где i — величина уклона, на котором производится торможение.

При торможении до остановки $v_k = 0$.

Окончательно

$$L_\partial = 4,17 \frac{v_n^2 - v_k^2}{1000 J j_k + w_o - i}.$$

Для приближенного решения удельная тормозная сила b_k принимается постоянной и равной среднему значению в интервале скорости от v_n до v_k .

Для более точного решения тормозной путь определяется по отдельным отрезкам, для чего принимаются меньшие интервалы изменения скорости, т. е. 5—10 км/ч.

Расчетный тормозной путь для карьерных условий устанавливается 300 м.

Решение тормозных задач сводится к определению пути торможения при известных тормозных средствах и начальной скорости или определению требуемых тормозных средств для безопасного движения с установленными скоростями.

Для открытых разработок, где уклоны достигают 40 ‰ и имеется, тенденция дальнейшего их увеличения, усиление тормозных средств подвижного состава становится одним из условий повышения скоростей движения поездов.

Совершенствование тормозных средств возможно благодаря применению электропневматических тормозов. Воздухораспределители вагонов в этом случае оборудуются электрическими реле, и команда на торможение поступает одновременно всем вагонам. В результате сокращается

время подготовки тормозов к действию.

Ведутся работы и по созданию магниторельсовых тормозов, представляющих собой электромагниты, притягиваемые к рельсу. Однако это средство рассматривается лишь как дополнительное к системе пневматического торможения.

Расчет скорости и времени хода поездов

Существует ряд способов определения скорости движения поезда по различным элементам профиля пути. Точные методы, основанные на графическом или аналитическом интегрировании уравнения движения, громоздки и трудоемки.

При тяговых расчетах карьерного транспорта часто пользуются приближенным методом установившихся скоростей. Сущность этого метода — в предположении, что в пределах каждого элемента профиля поезд движется с равномерно установившейся скоростью, мгновенно изменяющейся при переходе на новый элемент профиля (рис. 46).

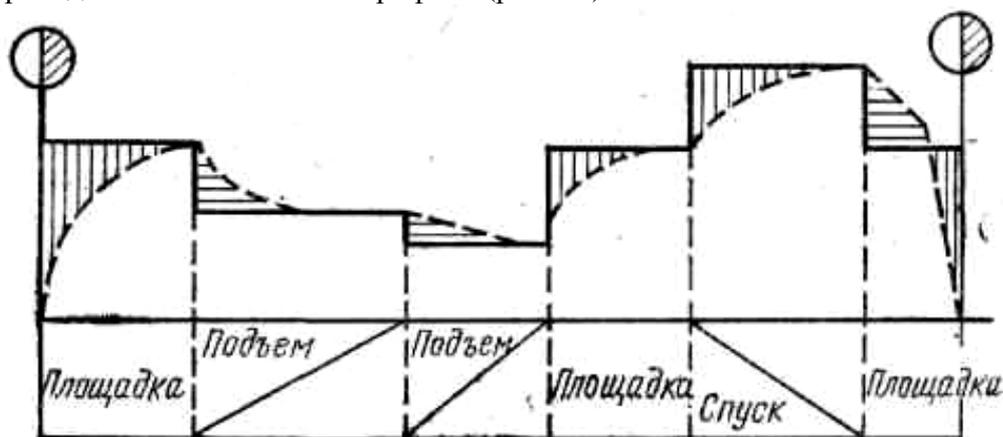


Рис. 46. Диаграмма изменения скорости движения:

— линия установившихся скоростей; - - - - фактическая кривая движения

Практически карьерные пути состоят из множества элементов различного профиля, и поэтому скорости движения следует вычислять для каждого элемента профиля в отдельности, но для упрощения расчетов принято определять действительный профиль, заменяя несколько рядом лежащих элементов профиля одним элементом с условным профилем,

$$i_c = \frac{1000(h_k - h_n)}{\sum l_i}$$

или

$$i_c = \frac{1000 \sum i_i l_i}{\sum l_i},$$

где h_n и h_k — начальная и конечная отметки спрямляемого участка, м;

i_i и l_i — уклон (‰) и длина (км) каждого из элементов профиля, вошедших в спрямляемый участок.

Допускается спрямлять лишь элементы одного знака, близкие по крутизне. Условие допустимости спрямления проверяется для каждого элемента на спрямленном участке по формуле

$$l_i \leq \frac{2000}{\Delta i},$$

где l_i — длина любого элемента на спрямляемом участке, м;

Δi — абсолютная разность между условным уклоном i_c спрямляемого участка и уклоном проверяемого элемента, ‰.

Кривые участки пути, встречающиеся при спрямлении l_R , заменяются дополнительным подъемом на длине спрямляемого участка $\sum l_i$ исходя из равенства работы сил сопротивления на кривой и дополнительном подъеме

$$\frac{700}{R} l_R = i_\partial \sum l_i,$$

откуда

$$i_{\delta} = \frac{700}{R} \cdot \frac{l_R}{\sum l_i}$$

При наличии на участке кривых уклон спрямляемого участка

$$i'_c = i_c + i_{\delta}$$

Спрямленный профиль должен сохранять характерные особенности действительного профиля, поэтому в результате спрямления профиль карьерного пути удается представить состоящим лишь из нескольких, существенно различных элементов. Обычно это участки пути на уступе, в выездной траншее, на поверхности, при заезде на отвал и на отвале.

Для определения установившейся (равномерной) скорости движения пользуются тяговыми или электромеханическими характеристиками локомотива. Сила тяги электровоза F (Н) при равномерном движении по каждому элементу спрямленного профиля определяется по формуле

$$F = P(w'_o \pm i_c) + Q(w''_o \pm i_c)$$

Затем по тяговой характеристике определяется скорость движения, соответствующая установленному значению силы тяги. При этом всегда следует стремиться к движению с максимальной скоростью (например, при электровозной откатке к движению при параллельном соединении двигателей), но не с большей, чем значения скорости, ограниченные условиями безопасности движения по торможению или состоянию пути. При движении под уклон, когда тяговое усилие не требуется и имеет место тормозной режим, скорость принимается максимально допустимой из условия торможения. Максимальные скорости при движении по передвижным уступным и отвальным путям обычно ограничиваются значениями 20—25 км/ч. По известной скорости движения v (км/ч) определяется время t (мин) хода по данному участку пути длиной l (м):

$$t = \frac{60l}{1000v}$$

Расчет ведется последовательно для всех участков при движении поезда. При этом при переходе поезда со стационарных путей на передвижные изменяются величины ω'_o и ω''_o . При движении порожняком в расчет вводятся значения $Q_{порожн}$.

Расчетная схема представляется в следующей форме:

| № п/п | Элемент профиля | Соппротивление движению $\omega_o \pm i$, Н/кН | Вес поезда $P + Q$, кН | Сила тяги F , Н | Скорость движения v , км/ч | Время хода по элементу профиля t , мин |
|-------|-----------------|---|-------------------------|-------------------|------------------------------|--|
| | | | | | | - |

Общее время движения

$$t_{\text{де}} = \sum t_{\text{сп}} + \sum t_{\text{ноп}} + t_{\text{п.з}}$$

где $\sum t_{\text{сп}}$, $\sum t_{\text{ноп}}$ — общее время движения соответственно в грузовом и порожняковом направлении;

$t_{\text{п.з}}$ — поправка, вводимая в случаях остановок поезда на отдельных пунктах и составляющая 2 мин на каждый разгон и 1 мин на каждое замедление.

Способ установившихся скоростей, предполагающий мгновенное изменение скорости, дает завышенное время хода, особенно при большой крутизне подъемов и коротких длинах отдельных перегонов. Поэтому в условиях напряженного движения или ограниченной пропускной способности путей, а также при резко ломаном профиле откаточных путей и коротких перегонах целесообразно пользоваться более точными способами расчета скорости.

Проверка двигателей на нагрев

При электровозной и тепловозной тяге производится проверка двигателей на нагрев в целях определения, достаточна ли мощность двигателей принятого локомотива для данных условий работы.

Степень нагрева тяговых двигателей зависит от величины тока и длительности его протекания по обмоткам. Величина тока пропорциональна силам сопротивления движению электровоза, поэтому степень нагрева определяется характером профиля и протяженностью откаточных путей. Мощность электровоза на ободе движущих колес N_k (кВт) предварительно может быть установлена по выражению

$$N_k = \frac{k_N P_{cu} v_p}{0,367},$$

где k_N — коэффициент, характеризующий режим работы электровоза и зависящий от глубины карьера, величины руководящего подъема и профиля погрузочного пути (для карьеров глубиной 100, 200 и 300 м значение k_N соответственно 0,17—0,18; 0,205—0,215 и 0,22—0,23);

v — скорость движения на руководящем подъеме, км/ч.

Наиболее точным методом проверки двигателей на нагрев является метод графического построения кривой температуры двигателя в условиях его действительной работы, но на практике для карьерных условий применяют упрощенный метод проверки нагрева по эффективному (среднеквадратичному) току. Эффективным называется ток постоянной величины, который, протекая по обмоткам двигателя, вызывает тот же тепловой эффект, что и действительный ток изменяющейся величины, протекающий по обмоткам при движении по пути данного профиля,

$$I_{эф} = a \sqrt{\frac{\sum I^2 t}{T}},$$

где $I_{эф}$ — эффективный ток, А;

a — коэффициент, учитывающий нагревание двигателей в процессе экскаваторной погрузки и разгрузки составов, а также при маневрах ($a = 1,05 \div 1,1$);

t — время хода по участку данного профиля, мин;

T — время рейса локомотивосостава, мин.

Значение тока при движении на каждом элементе профиля определяется из электромеханических характеристик по известному значению силы тяги.

Двигатели не перегреваются при условии

$$I_{дл} \geq k_3 I_{эф},$$

где $I_{дл}$ — длительный ток двигателя, А;

k_3 — коэффициент запаса, учитывающий увеличение температуры двигателя в отдельные периоды работы с большими нагрузками (повышается с увеличением глубины карьера и составляет 1,1—1,25 при изменении глубины до 300 м).

Расход электроэнергии электровозом

Расход энергии на движение поезда, отнесенный к токоприемнику электровоза, определяется суммированием расхода энергий по отдельным элементам профиля

$$A_{дв} = \frac{\sum I_{cp} t}{60 \cdot 1000} U_{cp}, \quad \text{кВтм}$$

$$A_{дв} = \frac{\sum I_{cp} t}{60 \cdot 10^3} U_{cp} 3,6 \cdot 10^6 = 60 U_{cp} \sum I_{cp} t, \quad \text{кДж}$$

где I_{cp} — ток, потребляемый на каждом элементе профиля, А;

t — время движения по данному элементу профиля, мин;

U_{cp} — среднее напряжение в контактном проводе; В.

Значение тока при определенной скорости движения находят по электромеханической характеристике двигателя. Умножая значение тока на число параллельных цепей соответствующей схемы включения двигателей, можно получить ток электровоза.

Расход электроэнергии на движение поезда приближенно может быть рассчитан без определения его на отдельных элементах профиля. Расход энергии на движение за один оборот состава $A_{дв}$ (кДж), выраженный через глубину карьера и длину откатки,

$$A_{дв} = (P_{cu} + Q_{cp})(w_o L + H) + (P_{cu} + Q_{nop})w_o(L - l_m),$$

где L — длина откатки в один конец, км;

H — разность отметок исходного и конечного пунктов откатки (уступ—отвал), м;

l_m — длина участка откатки, на котором производится торможение, км (обычно этот участок состоит из капитальной траншеи и съезда с отвала).

При транспортировании с нескольких уступов длина L состоит из средневзвешенной длины уступных L_y и отвальных $L_{отв}$ путей, а значение H складывается из средневзвешенной глубины

карьера H_k и высоты отвала $H_{омс}$:

$$L_y = \frac{\sum Q_{iy} L_{iy}}{\sum Q_{iy}};$$

$$L_{омс} = \frac{\sum Q_{i омс} L_{i омс}}{\sum Q_{i омс}};$$

$$H_k = \frac{\sum Q_{iy} h_{iy}}{\sum Q_{iy}};$$

$$H_{омс} = \frac{\sum Q_{i омс} h_{i омс}}{\sum Q_{i омс}},$$

где Q_{iy} и $Q_{i омс}$ — объем горной массы, поступающей с данного уступа или на данный отвал, м³;
 L_{iy} и $L_{i омс}$ — средняя длина данного уступа или отвала, км;
 h_{iy} и $h_{i омс}$ — высота уступа в карьере или отвале, м.

Общий расход энергии за один оборот локомотивосостава $A_{общ}$ складывается из расхода энергии на движение $A_{дв}$, собственные нужды электровоза A_c и маневровую работу $A_{ман}$.

Расход энергии на собственные нужды $A_c = (0,15 \div 0,2) A_{дв}$.

Расход энергии на маневровую работу (в основном передвижение состава при погрузке и разгрузке) зависит от профиля разгрузочного и погрузочного пути и составляет $(0,1 \div 0,3) A_{дв}$.

Удельный расход энергии на 1 т груза (кДж)

$$a = \frac{A_{общ}}{nq}.$$

Подсчитанный расход энергии учитывает только движение электровоза и относится к его токоприемнику. При определении общего расхода энергии необходимо учесть ее потери в контактной сети (от 10 до 12 % общего расхода энергии) и на тяговых подстанциях (3—5 %).

Мощность источника автономного питания

При оборудовании электровозов или тяговых агрегатов источником автономного питания требуемая мощность дизельной установки

$$N_d = \frac{Fv}{367h} + \Delta N_{с.н},$$

где N_d — мощность дизельной установки, кВт;

F — тяговое усилие, развиваемое при движении по неэлектрифицированным путям, Н;

v — скорость движения по неэлектрифицированным путям, км/ч;

η — к. п. д., учитывающий передачу вращающего момента от дизеля на ведущие оси;

$\Delta N_{с.н}$ — мощность, расходуемая на собственные нужды и вспомогательные машины, кВт.

Тяговое усилие определяется по значениям веса поезда и удельного сопротивления движению. Вес прицепной части поезда Q определяется по условию установившегося движения состава на руководящем подъеме. Тогда

$$F = Q(\pm i + w_{он}),$$

где $w_{он}$ — удельное сопротивление движению по подвижным путям, Н/кН.

Коэффициент полезного действия передачи электровоза в автономном режиме

$$h = h_{з.н} h_z h_d,$$

где $\eta_{з.н}$ — к. п. д. зубчатой передачи, равный 0,975;

η_z — к. п. д. тягового генератора, обычно принимается равным 0,89;

η_d — к. п. д. тягового двигателя (для двигателей мощностью 400—500 кВт составляет 0,92).

При движении тягового агрегата в автономном режиме часть мощности дизеля расходуется на его охлаждение и приведение в действие вентиляторов, охлаждающих тяговые двигатели и компрессоры, а также на вспомогательные машины. Для дизелей мощностью 700—1100 и 1100—1500 кВт расходы на собственные нужды составляют соответственно 150—180 и 180—220 кВт.

ГЛАВА 6. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

§ 1. Грузовые потоки в карьерах

Грузооборотом карьера называется количество груза (в тоннах или кубических метрах), перемещаемое транспортными средствами в единицу времени (сутки или час). Грузооборот карьера складывается из вскрышных пород, полезного ископаемого и хозяйственно-технических грузов.

По направлению перевозок грузооборот карьера разделяется на отдельные грузопотоки, величина которых определяется производственной мощностью карьера и коэффициентом вскрыши.

Путь вскрышных пород начинается в экскаваторном забое и кончается на отвале, а путь полезного ископаемого начинается в забое или на погрузочной станции и заканчивается на обогатительной фабрике или на станции примыкания МПС.

Грузопоток в карьере называется сосредоточенным, если все грузы транспортируются по одним коммуникациям. При использовании же различных путей сообщения для транспортирования вскрышных пород и полезного ископаемого грузопоток называют рассредоточенным.

При проектировании карьеров стремятся к разделению грузопотоков по назначению для достижения независимости работы вскрышных и добычных участков карьера, а следовательно, большей надежности работы карьера в целом. Особенно целесообразно разделение грузопотока в карьерах большой мощности.

Возможные схемы грузопотоков и соответствующее развитие карьерных путей при железнодорожном транспорте показаны на рис. 47.

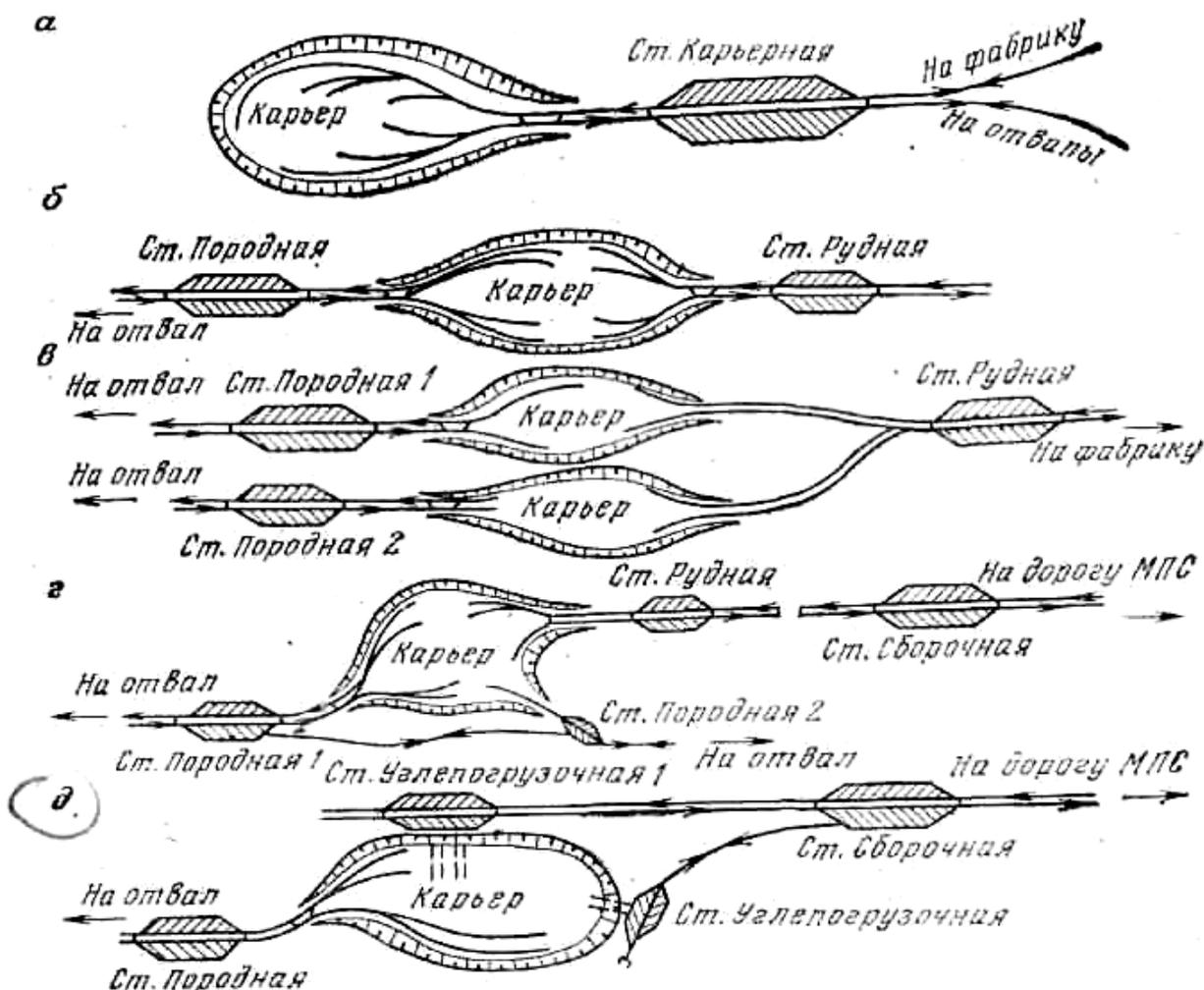


Рис. 47. Схемы грузопотоков в карьере

Схема 1 (рис. 47, а). Вскрышные породы и полезное ископаемое транспортируются по общим выездным путям на поверхность (сосредоточенный грузопоток). Разделение грузопотока производится на карьерной станции.

Схема 2 (рис. 47, б). Грузопотоки породы и полезного ископаемого разделяются в карьере и направляются по различным транспортным коммуникациям. Порода проходит породную стан-

цию и следует на отвал, а полезное ископаемое — к потребителю.

Схема 3 (рис. 47, в). Грузопотоки полезного ископаемого и вскрышных пород из расположенных поблизости (в пределах одного комбината) карьеров разделены. Объединение грузопотоков полезного ископаемого производится на поверхности для направления их на общую обогатительную фабрику.

Схема 4 (рис. 47, г). Наряду с рассредоточением грузопотоков вскрыши и полезного ископаемого проведено разделение вскрышного грузопотока на два. Такая необходимость может быть вызвана большим объемом вскрышных пород, транспортируемых из карьера.

Схема 5 (рис. 47, д). Грузопотоки полезного ископаемого и вскрышных пород разделены ввиду применения для каждого из них различного вида транспорта (например, конвейерного на выдаче угля из карьера). Порода в этом случае через породную станцию направляется на отвал. Уголь с конвейеров на погрузочной станции загружается в вагоны и через сборочную станцию передается на дорогу МПС.

§ 2. Раздельные пункты

По условиям безопасности движения и для увеличения пропускной способности сеть карьерных железнодорожных путей разделяется на перегоны с помощью раздельных пунктов.

В зависимости от характера работы и путевого развития раздельные пункты называются постами, разъездами и станциями.

Посты — раздельные пункты, не имеющие путевого развития, устраиваемые на главных путях для увеличения их пропускной способности или в пунктах примыкания забойных и отвальных путей к главным. К путевым постам относятся проходные светофоры при автоблокировке, разделяющие перегон на блок-участки.

На карьерах посты устраивают в пунктах примыкания к главным путям веток (путей) различного назначения (рис. 48, а—г) и в пунктах разветвления главных путей на рабочие горизонты — забойные и отвальные (рис. 48, д, е).

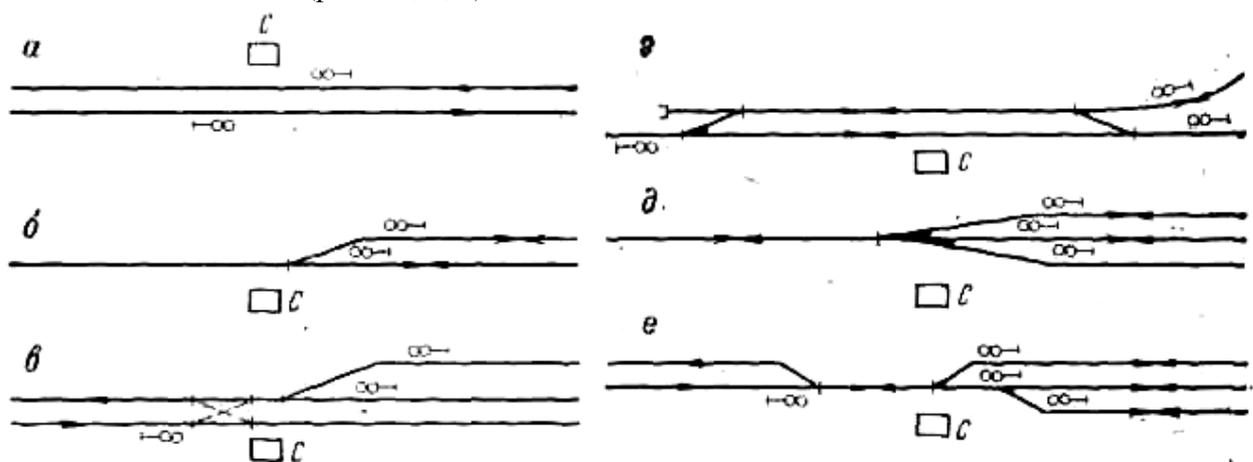


Рис. 48. Путевые посты

Разъезды — раздельные пункты на однопутных линиях, имеющие путевое развитие и предназначенные для скрещения и обгона поездов. На разъездах производится обмен поездов (подача порожняка к забою взамен пришедшего на разъезд груженого состава или подача на отвал груженого поезда взамен прибывшего порожняка). Располагают разъезды для быстреего обмена поездов в непосредственной близости от карьера или отвала. При значительной длине однопутных линий разъезды устраивают для увеличения пропускной способности. Число приемно-отправочных путей разъезда определяется размерами и графиком движения поездов.

1. Простейший разъезд, кроме главного, имеет один приемно-отправочный путь (рис. 49, а). Длина разъезда

$$l_p = l_n + 15 + 2l_o,$$

где l_n — длина поезда, м;

l_o — расстояние от начала стрелочного перевода до предельного столбика, м.

Неточность установки поезда в этой формуле учитывается расстоянием 15 м.

При обгоне на разъезде предусматривается третий путь (рис. 49, б). Поезда, следующие с остановкой со стороны А, принимаются на путь 3, а со стороны Б — на путь 2. По главному пути 1 проходят поезда, следующие без остановки. Длина разъезда в этом случае

$$l_p = l_n + 15 + 2l_0 + d,$$

где d — величина продольного смещения путей, обычно равная длине стрелочного перевода.

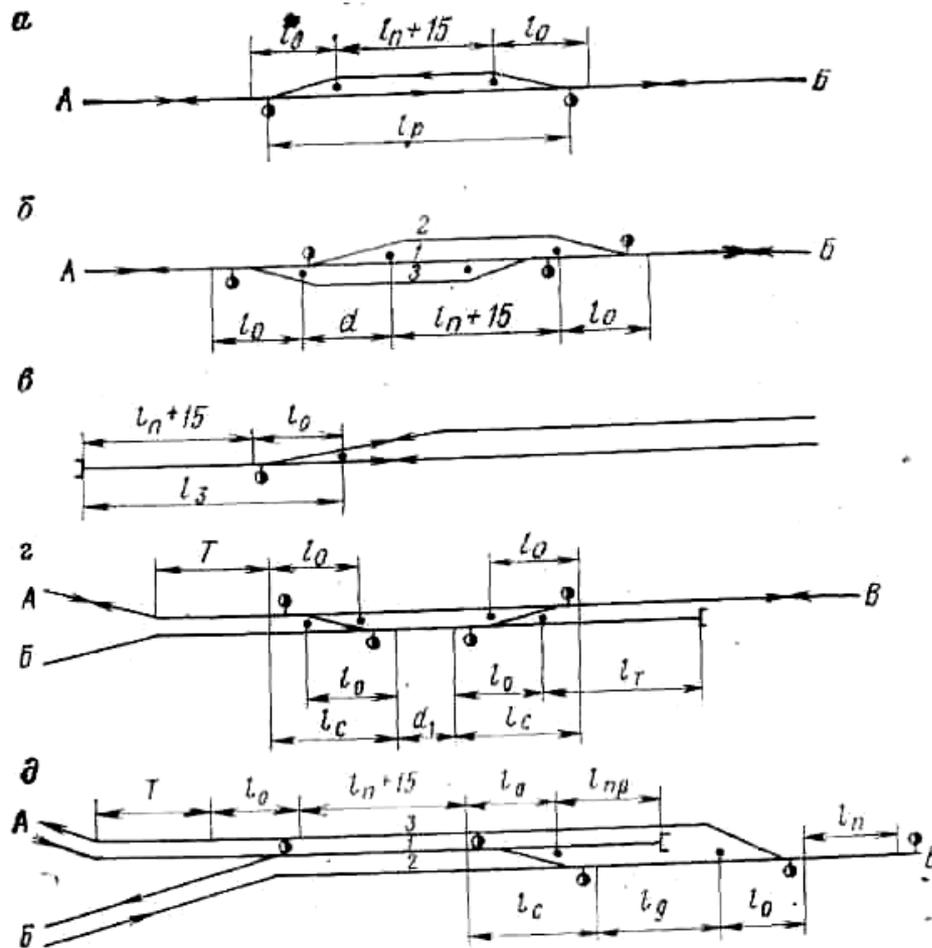


Рис. 49. Разъезды

2. При вскрытии месторождений тупиковыми траншеями в пунктах примыкания рабочих горизонтов к выездной траншее устраиваются тупиковые заезды (посты). Простейший заезд (рис. 49, в) имеет наименьшую длину, однако не допускает одновременного приема и отправления поездов со смежных горизонтов.

На рис. 49, г и д показаны схемы однопутного и двухпутного тупиковых заездов с примыканием рабочих горизонтов с одной стороны, допускающие одновременный прием и скрещение поездов.

При телефонной связи и электрожелезнодорожной системе на разъездах устанавливаются только входные сигналы на расстоянии не ближе 50 м, считая от острька противошерстного стрелочного перевода или предельного столбика пошерстного перевода.

При автоблокировке, полуавтоматической блокировке, а также при электрической централизации на разъездах дополнительно устанавливают выходные сигналы у каждого пути, служащего для отправления поезда.

Погрузочно-разгрузочные пункты устраивают в пунктах экскаваторной погрузки при необходимости путевого развития с целью обеспечить наименьшее время обмена поездов.

Основными критериями при экономической оценке различных путевых схем в погрузочно-разгрузочных пунктах являются: время обмена поездов, определяющее длительность простоя экскаваторов; длина путей, определяющая трудоемкость путевых работ; возможность механизации путевых работ.

При работе на уступе одного экскаватора и тупиковом движении поездов наиболее простой является однопутная схема с расположением обменного пункта в начале уступного пути (рис. 50, а). Однако простои экскаватора в ожидании составов будут при этом наибольшими. Время обмена поездов сокращается при устройстве разъездов в середине фронта работ L_{ϕ} (рис. 50, б) или при укладке второго пути.

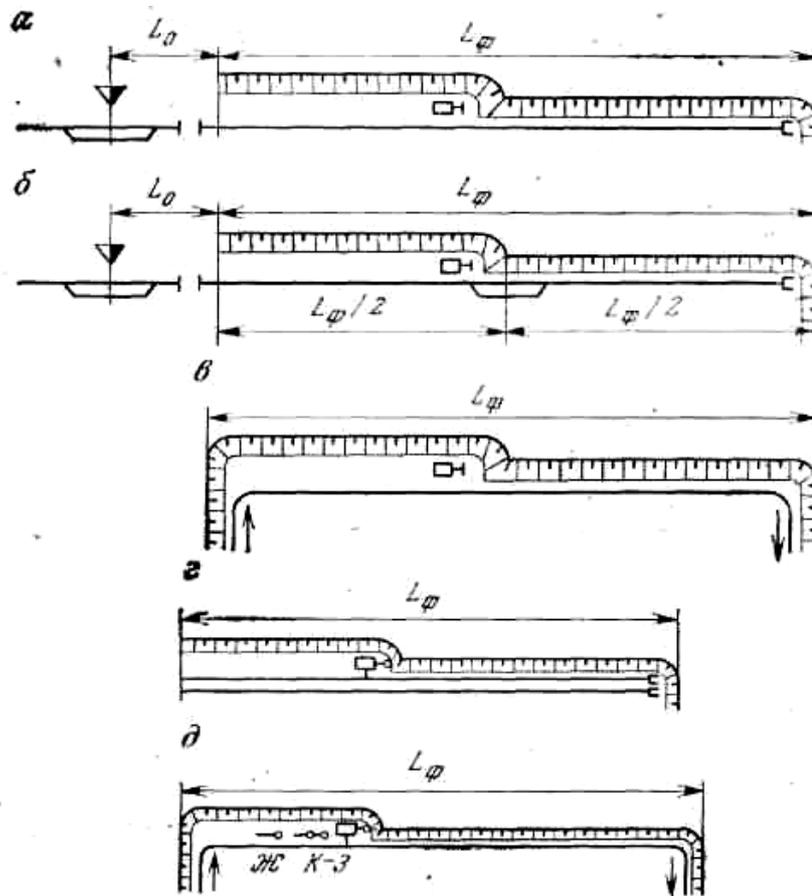


Рис. 50. Схемы путевого развития на уступе при работе одного экскаватора

При поточном движении транспорта путевая схема показана на рис. 50, в.

При работе роторных экскаваторов по тупиковой схеме с погрузкой в железнодорожные составы экономически целесообразно вести погрузку на два пути (рис. 50, г). При поточном движении путевая схема для обслуживания принимает вид, показанный на рис. 50, д. Здесь предусматривается светофорная сигнализация для сокращения интервала между поездами.

При работе на уступе двух одноковшовых экскаваторов наилучшие показатели достигаются при схеме, показанной на рис. 51, а, когда обеспечивается независимый обмен составов с одного отдельного пункта, расположенного в начале уступных путей. С увеличением длины фронта целесообразной становится схема, показанная на рис. 51, б. Если при этом расстояние между путями принять равным ширине экскаваторной заходки, то сокращается объем путепереукладочных работ, так как переносить на новую трассу приходится лишь один путь.

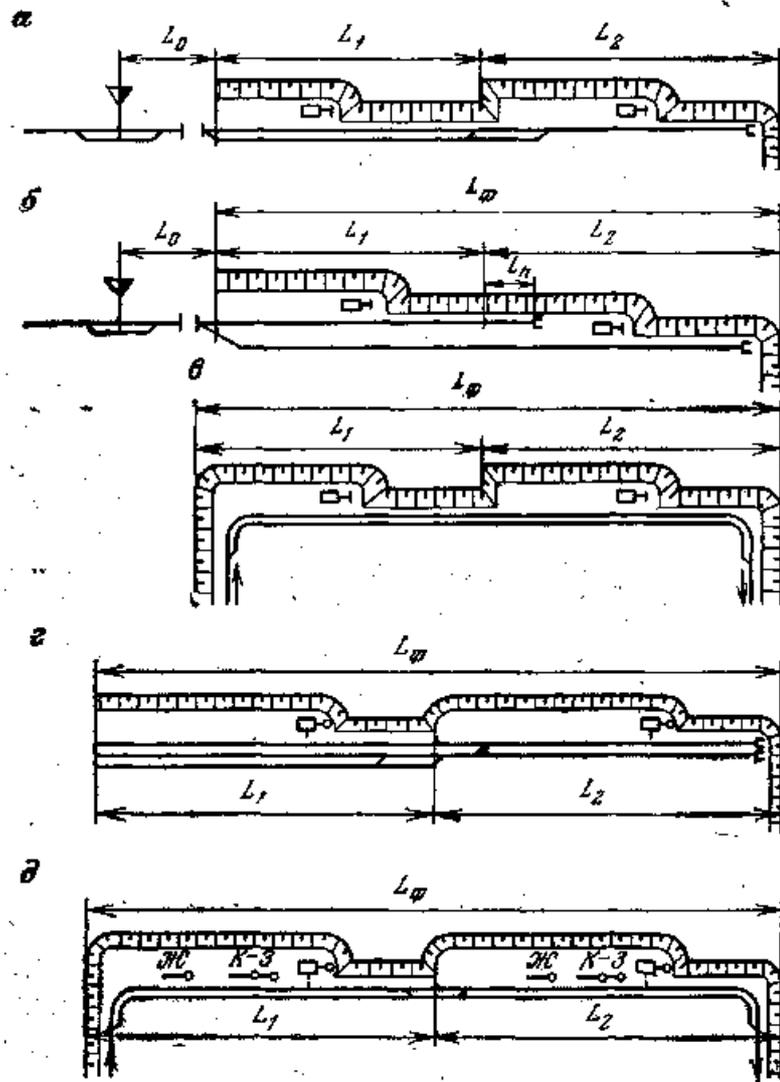


Рис. 51. Схемы путевого развития на уступе при работе двух экскаваторов

При поточном движении поездов схема принимает вид, как на рис. 51, в.

При работе на уступе двух роторных экскаваторов с погрузкой горной массы на два пути применима схема, показанная на рис. 51, г (при тупиковом движении) и на рис. 51, д (при поточном). Если роторные экскаваторы по конструкции приспособлены для погрузки только на один путь, то целесообразны схемы, показанные на рис. 51, а и б.

При применении в карьере экскаваторов с нижней и верхней погрузкой схема путевого развития на уступах конструируется аналогичным образом.

Разгрузочные пункты на отвалах имеют, как правило, однопутную тупиковую схему, реже — кольцевую. Обмен составов производится в пункте примыкания отвального пути к главным или на станции. Если длина отвального тупика превышает 1,5—2 км, то целесообразно устраивать дополнительный разъезд.

Станции — отдельные пункты с путевым развитием, на которых кроме скрещения и обгона поездов производятся другие технические операции (погрузка и разгрузка вагонов, формирование и расформирование поездов, экипировка и смена локомотивов, отцепка неисправных вагонов и пр.).

Станции и разъезды располагаются обычно на прямых участках пути, что облегчает наблюдение за сигналами и маневровую работу, дает возможность дальнейшего развития отдельного пункта. В трудных условиях допускается располагать станции и разъезды в кривых, обращенных в одну сторону, радиусом не менее 600 м.

Уклон станционных путей не должен превышать 2,5 ‰. Различают полезную и полную длину станционных путей. Полезной длиной пути называется та его часть, в пределах которой установка поезда не мешает движению поездов по соседним путям. Полезная длина ограничивается предельными столбиками или выходными сигналами (рис. 52, а).

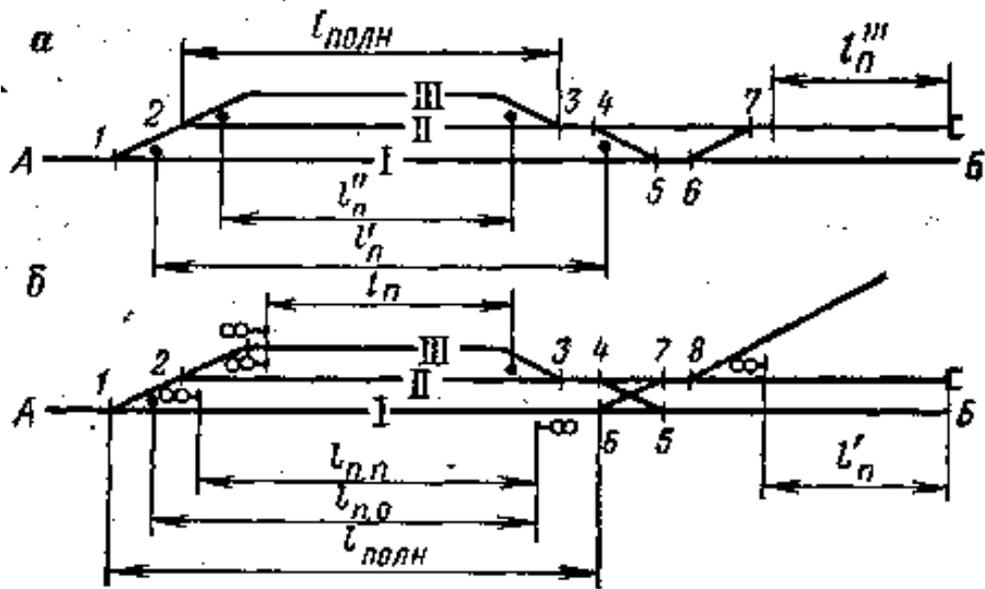


Рис. 52. Длина станционных путей

Полной длиной пути $l_{полн}$ называется расстояние между началами стрелочных переводов, ограничивающих путь.

Расстояние между путями на станциях несколько больше, чем на перегонах, и составляет обычно 5300 мм. Для вспомогательных путей или в стесненных условиях это расстояние уменьшается до 5000 мм.

При установке выходных сигналов полезная длина пути несколько сокращается (рис. 52, б). Для пути I полезная длина в этом случае имеет два значения (для прямого $l_{п.п.}$ и обратного $l_{п.о.}$ направлений движения).

В зависимости от назначения станционные пути делятся на главные, являющиеся продолжением путей перегона; приемно-отправочные, предназначенные для приема, стоянки и отправления поездов; сортировочные, служащие для накопления и формирования поездов; погрузочно-разгрузочные для погрузки и разгрузки вагонов; вытяжные, предназначенные для перестановки отдельных вагонов и составов при маневровой работе; деповские; прочие (складские, экипировочные, соединительные).

Станционные пути, выполняющие однородные операции, объединяются с помощью стрелочных переводов в одну группу, называемую парком. Например, на крупных станциях различают парки приема, отправления, сортировки, отстоя и т. д. По геометрическому очертанию парки имеют форму трапеции (рис 53, а) или параллелограмма (рис. 53, б). Конец парка, где сосредоточены стрелочные переводы, называется горловиной. Число стрелок на станционных путях должно быть наименьшим, но достаточным для наиболее быстрого выполнения всех предусмотренных операций. Стрелки при этом должны быть сгруппированы в возможно меньшем числе пунктов.

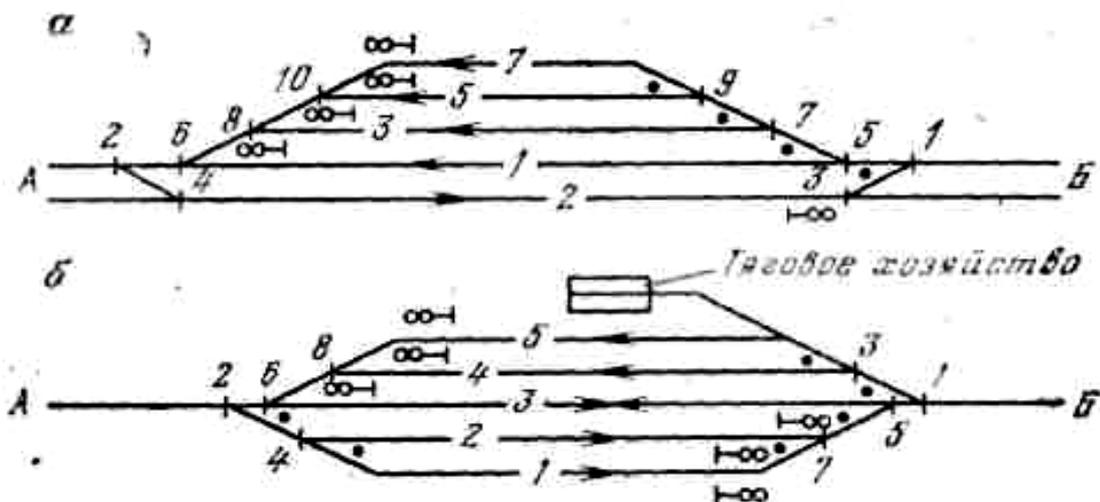


Рис. 53. Станционные парки путей

На станциях однопутных линий для возможности скрещения и обгона должно быть уложено не менее двух путей (кроме главного). На двухпутных линиях должно быть по одному обгон-

ному пути в каждом направлении. На станциях с водоснабжением и экипировкой должен быть предусмотрен специальный путь.

Для организации транспортирования вскрышных пород и полезного ископаемого в карьерах сооружаются породные грузовые и сборочные станции.

Породные станции обслуживают перевозки вскрышных пород и располагаются между карьером и отвалами. Кроме распорядительных функций по движению поездов на участке уступ — отвал, породные станции выполняют операции по техническому обслуживанию поездов (экипировка локомотивов технический осмотр и мелкий ремонт вагонов). Породные станции бывают проходными или тупиковыми. На рис. 54, а показана схема проходной станции на двухпутной линии. Прием груженых поездов с остановкой производится на пути 4 и 6 порожняка — на пути 3 и 5. Главные пути 1 и 2 служат для пропуска поездов без остановки. Пути локомотивного и вагонного хозяйства соединены с путями порожнякового направления.

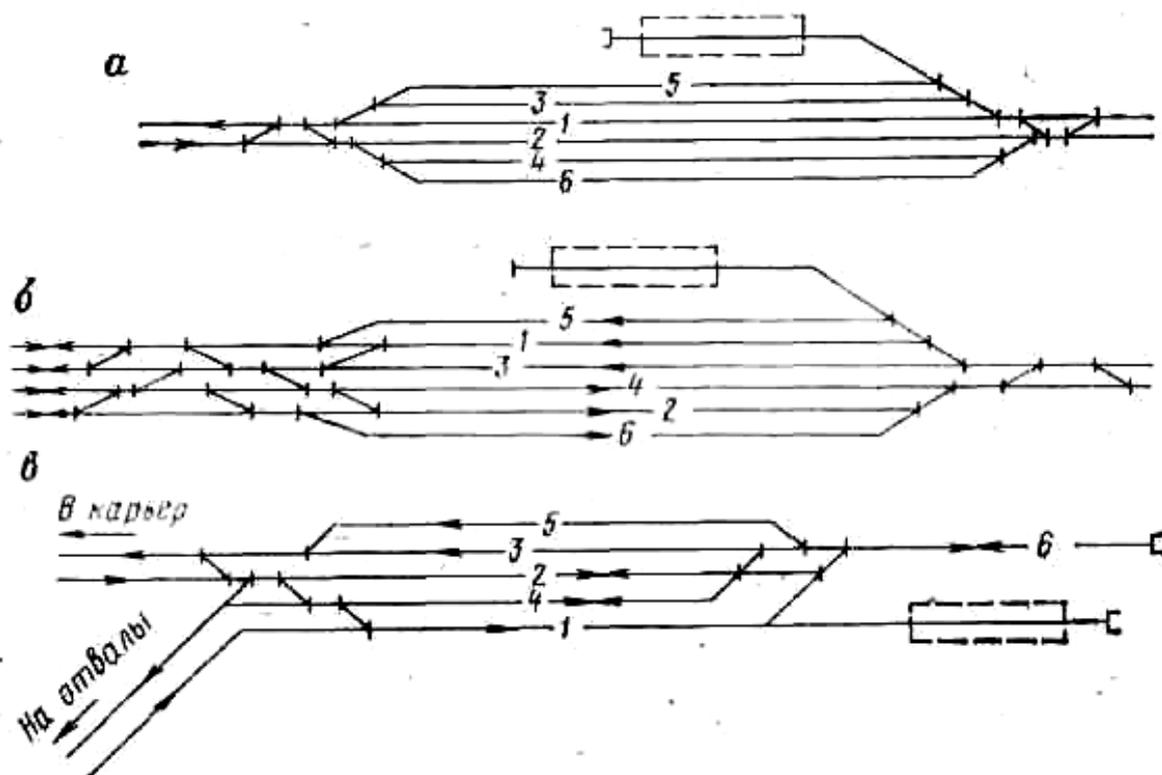


Рис. 54. Путевое развитие породных станций

При близком расположении станции от карьера возможна схема, при которой пути каждого уступа выводятся непосредственно на станцию (рис. 54, б).

В условиях сложного рельефа местности применяются тупиковые породные станции, изменяющие направление движения при заезде на отвалы (рис. 54, в). Таким образом, схема путевого развития обеспечивает безостановочный прием поездов разных направлений.

Грузовые станции выполняют работу по погрузке и выгрузке грузов и устраиваются в пунктах погрузки полезного ископаемого на поверхности карьеров или на обогатительных фабриках. Например, при выдаче полезного ископаемого из карьера конвейерами станции обслуживают погрузочные бункера, установленные на борту карьера, и аварийный склад. Грузовые станции на обогатительных фабриках имеют обычно отдельные парки путей: один — для приема поездов из карьера, разгрузки и отправления порожняка в карьер, другой — для приема составов с путей МПС, их загрузки переработанным полезным ископаемым, взвешивания и отправления потребителю.

Сборочные станции выполняют работу по расформированию составов, поступающих со станции примыкания МПС, на отдельные партии для подачи на различные погрузочные пункты, а также по формированию поездов перед отправкой на станцию примыкания.

§ 3. Средства железнодорожной связи, сигнализации и автоматизации

Средства железнодорожной связи, сигнализации и автоматизации предназначены для обеспечения четкой и безопасной организации движения поездов, повышения пропускной способности железнодорожных линий.

Так как железнодорожный транспорт характеризуется разветвленной системой коммуникаций с большим числом поездов, находящихся на линии, для обеспечения нормальной работы необходима связь диспетчера с отдельными пунктами, отправляющими и принимающими поезда, а также связь локомотивных бригад с диспетчером и погрузочными пунктами и т. п.

Основным средством связи работников, организующих движение поездов, является телефонная (проводная) связь.

На карьерах применяются следующие виды проводной связи:

- диспетчерская — для переговоров транспортного поездного диспетчера со станциями, разъездами и постами;
- поездная межстанционная — для переговоров дежурных смежных станций по вопросам движения поездов;
- стрелочная — для переговоров дежурного по станции со стрелочными постами;
- местная — для общей служебной связи (с горным диспетчером и отдельными участками карьера).

Кроме перечисленных видов проводной связи, в карьерах получает применение радиосвязь, пользуясь которой диспетчер может заблаговременно давать указания машинистам локомотивов о предстоящих маневрах на станции, машинисты могут информировать диспетчера о необходимости смены локомотива и пр. Радиосвязь используется также для связи диспетчера с экскаваторными бригадами.

Для регулирования движения поездов и обеспечения безопасности их следования по участкам применяются сигналы. С помощью сигналов подаются указания поездной бригаде и другим работникам, связанным с движением. Показание сигнала является приказом и подлежит беспрекословному выполнению.

В качестве основных постоянных сигналов на карьерном железнодорожном транспорте применяются светофоры и семафоры.

Все принятые на железнодорожном транспорте сигналы устанавливаются с правой стороны пути по направлению движения поездов или над осью ограждаемого ими пути.

В зависимости от назначения семафоры и светофоры применяются в основном в качестве:

- входных, запрещающих или разрешающих вход поезда на отдельный пункт;
- выходных, запрещающих или разрешающих отправление поезда на перегон;
- проходных, запрещающих или разрешающих поезду следовать с одного блока-участка на другой.

Входные сигналы устанавливают на расстоянии не менее 50 м от первого входного стрелочного перевода, считая от острия противошерстного или предельного столбика пошерстного стрелочного перевода. Выходные сигналы устанавливают отдельно у каждого отправочного пути станции или разъезда впереди места, где останавливается локомотив. Проходные сигналы устанавливают на границах блок-участков.

Показания сигналов должны быть отчетливо видны на расстоянии не менее длины тормозного пути. Если такая видимость не обеспечивается, то на расстоянии тормозного пути от сигнала устанавливают предупредительные сигналы, повторяющие показания основных сигналов.

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

Правилом организации движения является то, что на каждом перегоне железнодорожной линии не может находиться одновременно более одного поезда. Вследствие этого с каждой станции (разъезда, поста) поезд может быть отправлен на перегон лишь по получении согласия с соседней станцией (разъезда, поста) на прием этого поезда.

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

Телефонный способ. Дежурный по станции связывается с отдельными постами и разъездами, получает сведения о местонахождении поездов и дает распоряжение об их пропуске, приеме или отправлении. На основании телефонного согласования между отдельными пунктами машинисту локомотива выдается письменное разрешение на занятие перегона. Телефонный способ применяют при небольшой интенсивности движения, в частности для приема и отправления поездов с уступных и отвальных путей. Этот способ наименее совершенный и требует на согласование 0,75—1 мин.

Электрожелезнодорожная система используется для регулирования движения поездов на однопутных линиях железных дорог.

Разрешением на занятие перегона является металлический фасонный жезл, вручаемый машинисту. При этой системе каждый перегон оборудуется двумя электрожелезными аппаратами, установленными по одному на соседних станциях. Жезлы вкладываются и запираются в двух железных аппаратах каждого перегона. Электрожелезные аппараты связаны между собой электрически таким образом, что из двух аппаратов одновременно может быть вынут только один жезл при согласии соседней станции (путем подачи электрического сигнала) и при условии, что число жезлов в двух аппаратах данного перегона — четное. Так как из двух аппаратов может быть вынут только один жезл, то и на перегон может быть отправлен только один поезд. Отправление второго поезда вслед или навстречу исключается, благодаря чему и обеспечивается безопасность движения.

Свое согласие принять следующий поезд, данное по телефону, диспетчер станции прибытия сопровождает посылкой электрического импульса, разрешающего вынуть из аппарата станции отправления очередную жезл. Время, расходуемое на связь отдельных пунктов при электрожелезнодорожной системе, составляет 0,5 мин.

Полуавтоматическая блокировка применяется для регулирования движения поездов на однопутных и двухпутных участках. Разрешением на занятие перегона при полуавтоматической блокировке является открытое положение сигнала. Перевод сигнальных рычагов для открытия или закрытия семафоров или ручное переключение светофоров производится из помещения дежурного по станции.

Действие полуавтоматической блокировки заключается в том, что поезд, проходя мимо открытого выходного сигнала, нажимом на педаль (электромеханическую или релейную) закрывает этот сигнал. Вторичное открытие сигнала дежурным по станции возможно только после того, как дежурный по соседней станции подтвердит прибытие поезда и деблокирует закрытый сигнал.

Система называется полуавтоматической, так как работа механизмов происходит при участии дежурных по станции и лишь частично под действием поезда, закрывающего сигналы воздействием на рельсовые педали. Блокировочная система, в отличие от электрожелезнодорожной, позволяет сократить время на поездные согласования за счет того, что разрешение на отправление поезда дается не передачей жезла машинисту, а открытием сигнала.

Полуавтоматическая блокировка сокращает время на сношение между отдельными пунктами до 0,1 мин, однако на внутрикарьерном транспорте с короткими перегонами она применения не нашла, а применяется на железнодорожных путях, обслуживающих транспорт полезного ископаемого на поверхности.

Автоблокировкой называется такая система регулирования движения поездов на однопутных и двухпутных линиях, при которой открытие и закрытие проходных сигналов (светофоров) производится автоматически в зависимости от местонахождения движущегося поезда.

Устройство и действие автоблокировки с двузначной сигнализацией показано на рис. 55. Каждый перегон разбивается на блок-участки, на границах которых устанавливаются светофоры. В пределах каждого блок-участка выполнена электрическая рельсовая цепь с источниками питания и путевыми реле. Для разделения рельсовых цепей рельсы соседних блок-участков соединяются с помощью изолированных стыков. Рельсовая цепь каждого блок-участка состоит из путевой батареи *ПБ*, устанавливаемой в конце блок-участка, сигнальной батареи *СБ*, устанавливаемой в начале поезда, и путевого реле *ПР*. Когда на блок-участке нет поезда, ток путевой батареи протекает по нижней рельсовой нити и через обмотку путевого реле возвращается к минусу путевой батареи. При этом якорь путевого реле, притягиваясь к полюсам магнита, замыкает верхний контакт *В* и включает лампу зеленого огня светофора от сигнальной батареи *СБ*. В результате в начале блок-участка горит зеленый сигнал, разрешающий движение. Если на блок-участок № 2 проходит поезд, то колесные пары, являясь проводником электрического тока, соединяют между собой рельсовые нити, в путевом реле при этом попадает ничтожно малый ток, якорь электромагнита отпадает от полюсов, замыкает нижний контакт *Н* и включает лампу красного огня светофора — блок-участок занят. В закрытом положении светофор находится пока поезд не покинет блок-участок, после чего автоматически произойдет переключение красного сигнального огня на зеленый. Автоматическое закрытие сигнала происходит не только при вступлении поезда на блок-участок, но и в случае нарушения целостности рельсовой цепи (лопнул рельс, истощение батареи, об-

рыв соединительных проводов и т. п.).

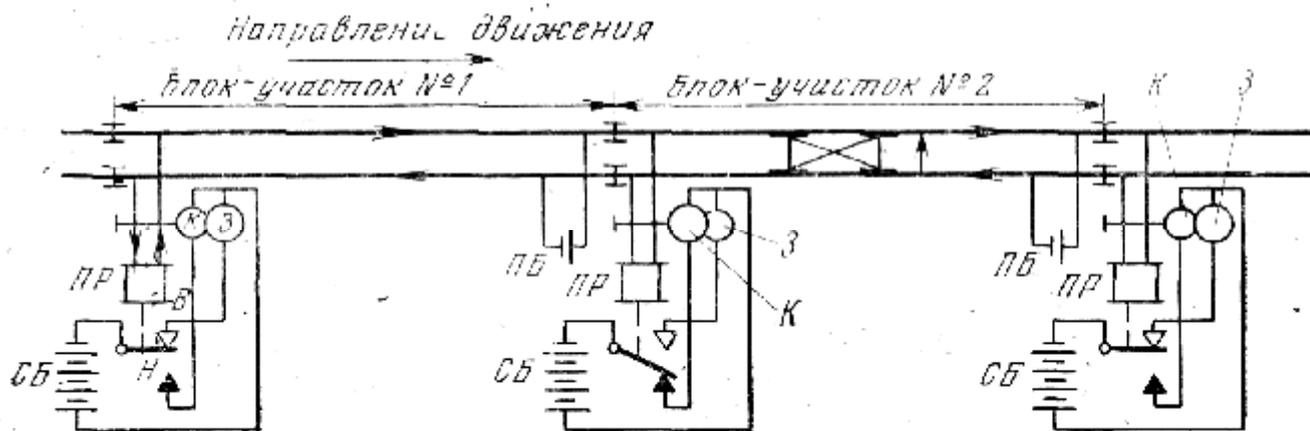


Рис. 55. Схема автоблокировки

При электровозной откатке на постоянном или переменном токе, когда рельсы служат обратным проводом, применяются рельсовые дроссель-трансформаторные цепи с питанием от специальной линии переменного тока. При автоблокировке время на сношения сокращается до 0,1 мин на однопутных линиях и практически до нуля на двухпутных.

Автоблокировка успешно применяется на крупных карьерах, благодаря чему значительно повысились безопасность движения и пропускная способность путей. Однако в карьерах автоблокировкой оборудованы только стационарные пути, т. е. участки с постоянным расположением блок-постов.

Централизация стрелок и сигналов. При большом развитии путей на станциях ручное управление стрелками и сигналами не обеспечивает пропускной способности станции и безопасности движения. В таких случаях применяют централизованное управление стрелками и сигналами.

При механической централизации управление стрелками и сигналами осуществляется посредством гибких стальных тяг, приводимых в движение стрелочными и сигнальными рычагами из помещения дежурного по станции.

Более совершенной является электрическая централизация стрелок и сигналов. В качестве сигналов при этом применяют светофоры, а для перевода и контроля положения стрелок используют стрелочные электроприводы. Роль дежурного сводится к управлению двигателями, т. е. к пуску их в ход переводом рукояток или нажатием кнопок сигналов. Это позволяет расширить радиус действия централизованного поста, создать лучшие условия труда и повысить безопасность движения поездов. Кроме того, при электрической централизации значительно ускоряется процесс приготовления маршрутов: если при ручном управлении на приготовление маршрута затрачивается 10—15 мин, то система электрической централизации сокращает это время до 10—12 с.

На станции с электрической централизацией устанавливаются аппаратура и источники питания. В релейной централизации с индивидуальным управлением стрелками применяются централизационные аппараты в виде пульта-табло, т. е. в виде схематического плана путей станции в однониточном изображении. Непосредственно на табло размещаются стрелочные рукоятки и кнопки управления сигналами. Пути станции выполняются в виде желобов с размещением в каждом из них лампочек — красной и белой. Лампочки загораются при установке маршрута (белые) и при занятии пути (красные), образуя светящуюся полосу. Направление горящей полосы зависит от положения стрелок и точно отображает конфигурацию установленного маршрута.

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

Автомашинист. Одним из средств автоматизации работы карьерного железнодорожного транспорта может стать управление движением локомотива с помощью управляющей машины. Автомашинист автоматически регулирует скорость движения поезда, производит остановки и трогания по заданному графику движения, а также в соответствии с требованиями сигнала. Для этого на локомотиве устанавливаются программное и счетно-решающее устройство. На основании заданной программы (расчетное время прохождения отдельных участков, остановки поезда и т. п.), а

также фактических данных движения счетно-решающее устройство решает дифференциальное уравнение движения и выбирает наиболее выгодный режим движения. Соответствующие сигналы передаются в оперативный блок схемы, через который происходит управление тяговым и тормозным режимом работы локомотива.

Управление электровозом по радио. Дистанционное управление электровозами целесообразно при маневровой работе, например при экскаваторной погрузке составов. Известно применение системы управления электровозом с помощью ультракоротких волн с многочерпакового экскаватора для согласования движения состава с производительностью экскаватора.

Управление стрелками с локомотива. При обслуживании одиночных стрелок на рабочих горизонтах в карьере или на отвалах целесообразно управление стрелками с локомотива. В простейшем случае стрелка, оборудованная электроприводом, может быть переключена механическим замыканием контактного механизма, установленного на столбе около пути.

Телевидение на карьерном железнодорожном транспорте используется для обзора и передачи в кабину машиниста или в помещение дежурного по станции изображения впереди лежащих или станционных путей. Телевизионная установка на локомотиве состоит из обзорной камеры, установленной на концевом вагоне, приемной камеры, размещаемой в кабине машиниста, соединительного кабеля и питающих устройств. Опыт использования телеустановок на поездах в карьерах Соколовско-Сарбайского комбината подтвердил целесообразность их применения для повышения безопасности движения поездов.

§ 4. Графики движения и организации работы транспорта

График движения представляет собой масштабную сетку (рис. 56), на которой условно прямыми наклонными линиями изображается движение каждого поезда.

Горизонтальные линии сетки графика соответствуют осям отдельных пунктов — станций, разъездов, постов. По вертикали сетка графика разделена на часовые полосы с подразделением на десятиминутные интервалы.

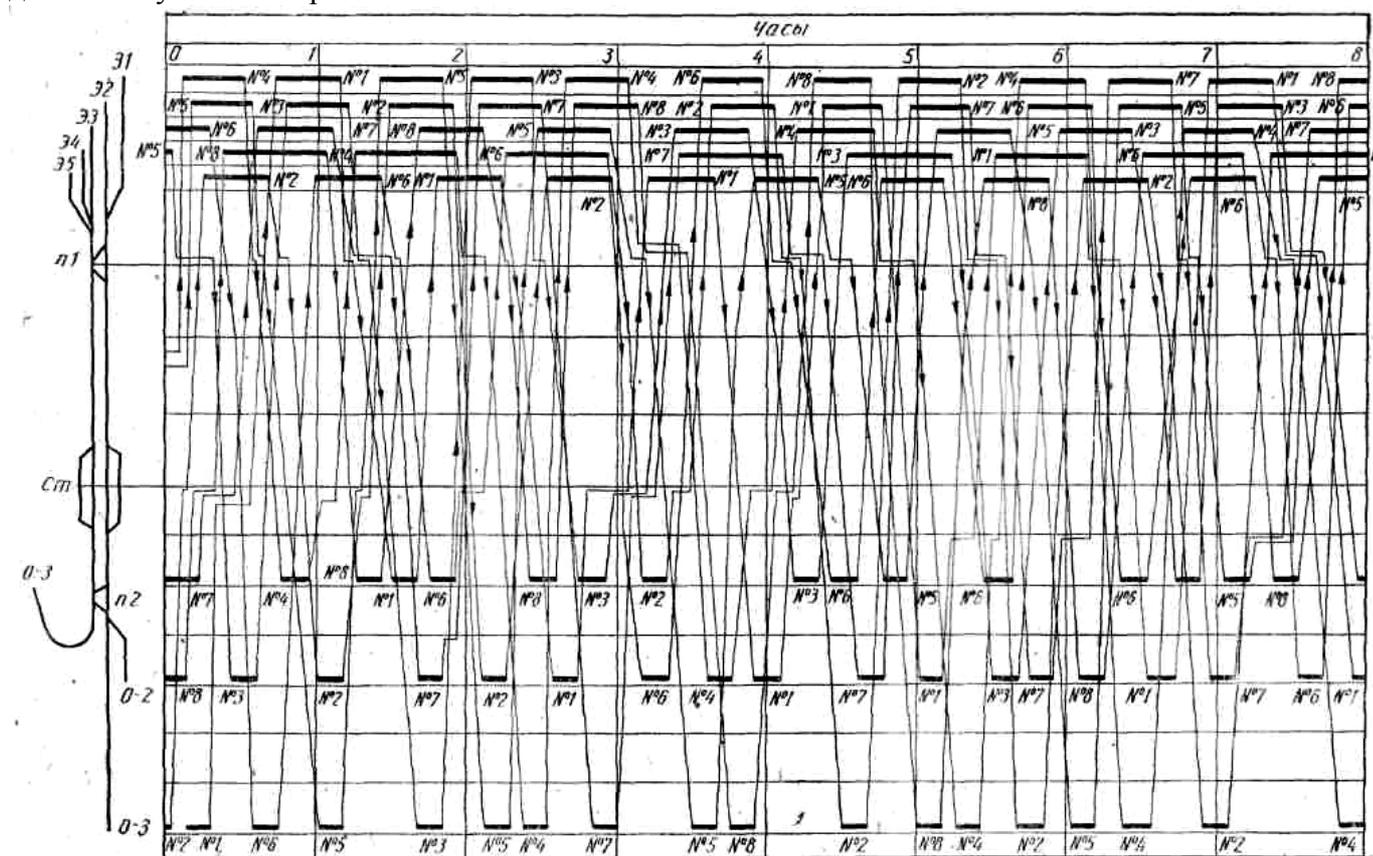


Рис. 56. График движения поездов

Движение поездов изображается наклонными линиями в предположении постоянной скорости в пределах данного участка, стоянки на отдельных пунктах — горизонтальными отрезками. Так как отношение длины перегона ко времени его занятия представляет собой скорость движения, то с изменением скорости изменяется угол наклона линии.

Графики движения поездов отличаются по ряду признаков.

1. По числу путей на перегонах — однопутные и двухпутные. На участках, имеющих более двух главных путей, применяется сочетание двухпутного и однопутного графиков. На каждом перегоне однопутной линии одновременно может находиться только один поезд, поэтому на однопутном графике линии движения могут пересекаться только на отдельных пунктах. На двухпутных линиях, где поезда встречных направлений движутся одновременно, линии движения разных поездов на графиках могут пересекаться на перегонах.

2. По числу поездов, проходящих в грузовом и порожняковом направлениях, — парные и непарные. Для условий карьерного транспорта, где в обоих направлениях проходит одинаковое число поездов, составляются парные графики.

3. По скорости движения поездов — параллельные и непараллельные. Если все поезда имеют в пределах каждого перегона одинаковую скорость движения, график называется параллельным, при различных скоростях — непараллельным. Для условий карьерного транспорта используются параллельным графиком.

4. По порядку следования поездов друг за другом в одном направлении — пачечные и пакетные. При пачечном движении поезда одного направления следуют друг за другом, разграниченные станционным перегонном, и между поездами в пачке нельзя отправить поезда противоположного направления. При пакетном следовании поезда одного направления разграничиваются интервалом времени, равным времени прохождения межпостового перегона.

Для составления графика движения поездов необходимо установить значения всех его элементов, к которым относятся: время хода по перегону (перегонное время); время стоянки на станциях, разъездах, постах; станционные интервалы; нормы простоев поездов в пунктах погрузки и разгрузки.

Перегонное время определяется тяговыми расчетами и устанавливается отдельно для каждого перегона и направления. Если на перегоне поезд делает остановку, то к перегонному времени добавляется время на разгон (2 мин) и замедление (1 мин).

Станционными интервалами (рис. 57) называются минимальные промежутки времени, необходимые для приема, отправления или пропуска поездов. Значения станционных интервалов определяются способом связи между отдельными пунктами.

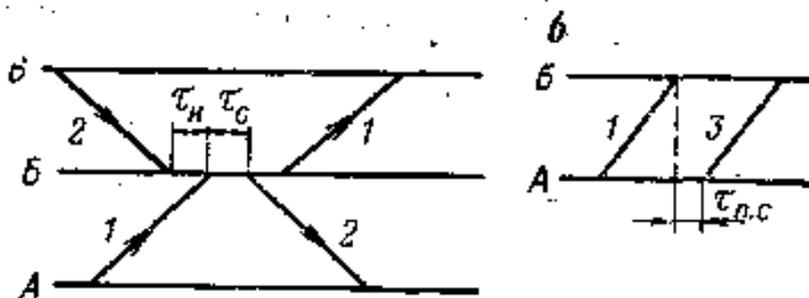


Рис. 57. Станционные интервалы

Основными видами станционных интервалов для условий карьерного транспорта являются:

1) интервал неодновременного прибытия поездов τ_n — минимальный промежуток времени, который можно допустить между прибытием на отдельный пункт однопутного участка поезда одного направления и прибытием или проследованием через этот отдельный пункт поезда встречного направления (рис. 57, а);

2) интервал скрещения τ_c — минимальный промежуток времени между проследованием или прибытием на станцию с однопутного перегона поезда и отправлением на тот же перегон поезда встречного направления;

3) интервал попутного следования поездов $\tau_{п.с}$ — минимальный промежуток времени между прибытием поезда на отдельный пункт и отправлением с данной станции на этот же перегон следующего поезда того же направления (рис. 57, б).

Величина станционных интервалов зависит от:

а) средств связи поездов на перегонах, прилегающих к отдельному пункту (автоблокировка, полуавтоматическая блокировка, телефонный способ связи);

б) способа управления стрелками и сигналами (ручное обслуживание, централизация стрелок);

в) схемы отдельного пункта, числа стрелочных переводов, входящих в маршрут, длины стрелочной горловины и т. п.;

г) типа локомотива и длины поезда.

В карьерных условиях интервал скрещения τ_c составляет 4—6 мин при телефонном способе связи поездов; 3—4 мин — при электрожелезнодорожной системе и полуавтоматической блокировке; 1—1,5 мин — при автоблокировке. Интервал попутного следования $\tau_{n.c}$ принимается: 3—4 мин при телефонном способе связи; 1—2 мин при полуавтоматической блокировке и 0 при автоблокировке.

Построение графиков движения начинают с погрузки со ставов. При этом следует обеспечивать минимальный интервал при обмене поездов у экскаваторов, чтобы поднять производительность экскаваторов. При наличии нескольких погрузочных пунктов (нескольких экскаваторов) графики строятся исходя из прикрепленного, обезличенного или смешанного движения поездов.

Прикрепленное обращение поездов (замкнутый цикл) — организация движения, при которой поезд закрепляется за определенным экскаватором, и в течение всей смены обслуживает его. Такая схема создает наиболее простую и четкую организацию движения, максимально упрощая диспетчерское управление. Однако в этом случае возникает необходимость в вынужденных простоях подвижного состава, снижающих его производительность.

Обезличенное обращение поездов, или открытый цикл (см. рис. 56) — организация работы, при которой поезда в процессе работы подаются к любому свободному экскаватору. Организация движения в этом случае требует четкого диспетчерского управления, благодаря которому достигается более производительное использование экскаваторов и подвижного состава.

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

Работа транспорта в карьерах организуется по исполнительному или принудительному графику.

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

Принудительный график, как более высокая форма организации движения, составляется заранее и обязателен для исполнения.

Одной из форм совершенствования организации работ на карьерах является работа по технологическим графикам, строго координирующим работу всего горнотранспортного оборудования с учетом выполнения прогрессивных норм выработки по каждой смене и получения высоких экономических показателей.

Технологический график составляется в соответствии с планом горных работ для каждого вскрышного экскаватора с учетом перерывов в работе для ремонта, переукладки путей и ведения буровзрывных работ. Точное регламентирование всех процессов (экскавация, буровые и взрывные работы, путевые работы, отвалообразование) в пространстве и во времени (т. е. с учетом подвигания экскаваторных забоев в карьере и на отвалах) позволяет установить принудительный график движения поездов, соответствующий принятой технологии работ.

Работа диспетчера при управлении работой транспорта на современном карьере очень трудоемка. Приходится учитывать непрерывно меняющиеся условия работы экскаваторов и движения поездов и выбирать наиболее выгодные варианты пропуска поездов.

В таких условиях возможно применение счетно-решающей машины, которая, получая информацию о прохождении поездов по отдельным участкам, будет обеспечивать наивыгоднейший режим работы транспорта в целом.

Время оборота (рейса) локомотивосостава. Особенностью работы рельсового транспорта в карьерах является движение локомотивосоставов по циклу, состоящему из операций погрузки состава экскаватором, разгрузки и движения с грузом и порожняком. По данным эксплуатации погрузка состава занимает 25—30 % полного оборота, разгрузка 10—25%, движение с учетом задержек в пути и экипировки 65—45 %.

Оборот локомотивосостава — основной исходный показатель, определяющий его производительность и требуемое число поездов в карьере, поэтому сокращение времени оборота вскрышных локомотивосоставов является одним из основных средств повышения производительности карьерного транспорта. Полное время оборота

$$T_{об} = t_{нозр} + t'_{ер} + t'_{см} + t_{разгр} + t''_{см} + t''_{ер} + t_{ож}.$$

Здесь $t_{нозр}$ — время погрузки состава (мин), вычисляемое по формуле

$$t_{нозр} = \frac{V_{\partial} n t_{ц}}{60 V_{к} \eta_{э}},$$

где V_{∂} — объем кузова думпкара, м³;

$t_{ц}$ — продолжительность цикла экскаватора, с;

$V_{к}$ — объем ковша экскаватора, м³;

$\eta_{э}$ — коэффициент экскавации, характеризующий степень использования объема ковша (для песчаных пород $\eta_{э} = 0,9$; для глин и суглинков $\eta_{э} = 0,75 \div 0,8$; для полускальных пород $\eta_{э} = 0,75 \div 0,6$);

$t_{разгр}$ — время разгрузки состава на отвале, обогатительной фабрике или перегрузочном пункте (мин), зависит от числа вагонов в составе n и времени разгрузки каждого вагона $t_{р.в}$

$$t_{разгр} = n t_{р.в}$$

при одновременной разгрузке вагонов $t_{разгр} \gg t_{р.в}$ в летних условиях время разгрузки каждого вагона составляет 1,5—2 мин, в зимних — 3—5 мин;

$t'_{ер}$ и $t''_{ер}$ — время движения груженого и порожнего состава по временным путям (мин),

$$t'_{ер} = t''_{ер} = \frac{60 l_{ер}}{v_{ер}},$$

где $l_{ер}$ — протяженность временных (уступных и отвальных) путей, км; при параллельном подвигании фронта работ длина временных путей определяется как половина длины фронта

$$l_{ер} = \frac{l_{\phi}}{2}, \text{ при веерном подвигании } l_{ер} = \frac{l_{\phi}}{3};$$

$v_{ер}$ — скорость движения по временным путям, км/ч; при точных расчетах определяется по тяговой характеристике и практически не превышает 20—25 км/ч;

$t'_{см}$ и $t''_{см}$ — время движения груженого и порожнего состава по стационарным путям (мин),

$$t'_{см} = t''_{см} = \frac{60 l_{см}}{v_{см}},$$

где $l_{см}$ — протяженность стационарных путей в карьере, км;

$v_{см}$ — скорость движения по стационарным путям, км/ч, определяется по тяговой характеристике локомотива и практически не превышает 50—60 км/ч;

$t_{ож}$ — время простоев локомотивосостава в ожидании погрузки и разгрузки, определяется схемой путевого развития и способом связи между отдельными пунктами: Для предварительных расчетов эту величину, отнесенную к одному обороту, можно принимать в пределах 5—10 мин.

Полезным весом состава называется вес груза, размещаемый в прицепной части поезда.

Число вагонов в составе

$$n = \frac{Q}{q + q_m}.$$

Здесь Q — вес прицепной части поезда, кН;

q — подъемная сила вагона, кН;

q_m — вес вагона (кН), определяемый из выражения

$$q_m = k_m q,$$

где k_m — коэффициент тары вагона.

Тогда полезный вес поезда

$$nq = \frac{Q}{1 + k_m}.$$

Производительность локомотивосостава. Производительностью локомотивосостава называется число тонн полезного ископаемого или кубических метров породы, вывезенных из карьера в единицу времени (обычно за сутки),

$$Q_{л.с} = \frac{T}{T_{об}} nV_{д}, \quad м^3 / сут$$

или

$$Q_{л.с} = \frac{T}{T_{об}} nq_{г}, \quad т / сут$$

где T — время работы транспорта в сутки, ч;

$nV_{д}$ — полезный объем, $м^3$;

$nq_{г}$ — масса груза в поезде, т;

$\frac{T}{T_{об}}$ — число рейсов, которое может совершить локомотивосостав за время работы.

Подставляя в формулу выражение для $T_{об}$, имеем

$$Q_{л.с} = \frac{TnV_{д}}{\frac{60nV_{д}}{\varepsilon} + t_{об} + t_{разгр}}, \quad м^3 / сут$$

Производительность локомотивосостава повышается с увеличением полезного веса состава, однако до некоторых практических границ, обусловленных сцепным весом локомотивов и наличием думпкарного парка, необходимого для выполнения заданного объема перевозок.

С увеличением полезного веса состава увеличивается производительность экскаватора за счет сокращения простоев при обмене поездов, производительность же каждого думпкара падает при увеличении их числа в составе. С точки зрения наиболее полного использования думпкарного парка выгодно иметь состав с наименьшим числом думпкаров.

Наконец, полезный вес состава зависит от пропускной и провозной способностей карьерных путей. При ограниченной пропускной способности целесообразно увеличивать весовую норму поезда. Для конкретных условий может быть установлена минимальная весовая норма поезда, при которой обеспечивается заданный грузооборот.

Установление рационального числа вагонов в составе является задачей, требующей комплексного технико-экономического решения с учетом рационального использования экскаваторов, подвижного состава и обеспечения заданного грузооборота.

Локомотивный парк. Парк локомотивов, требуемый для работы карьера с заданным грузооборотом,

$$N_{лок.инв} = N_{раб} + N_{рем} + N_{рез} + N_{хоз},$$

где $N_{раб}$, $N_{рем}$, $N_{рез}$ и $N_{хоз}$ — число локомотивов, занятых соответственно на поездной работе по перевозке горной массы, находящихся в ремонте, в резерве и занятых на хозяйственных работах (перевозка балласта, работа с краном или плугом, доставка рабочих, маневры и пр.).

Локомотивный парк определяется обычно для некоторого периода работы карьера, реже на весь срок службы карьера.

Число локомотивов, занятых на поездной работе, зависит от объема перевозок. Необходимое число рейсов в сутки при заданном грузообороте

$$R = \frac{fQ_{сут}}{nq_{г}},$$

где f — коэффициент неравномерности движения, принимаемый 1,05—1,15;

$Q_{сут}$ — суточный грузооборот карьера, т;

$nq_{г}$ — масса груза в поезде, т.

При известном числе рейсов каждого локомотивосостава число локомотивов на поездной работе

$$N_{раб} = \frac{R}{r} = f \frac{Q_{сут}}{T} \cdot \frac{T_{об}}{nq_{г}}.$$

По практическим данным $N_{рем} = 0,12N_{раб}$; $N_{рез} = (0,05 \div 0,1)N_{раб}$ и $N_{хоз} = 1 \div 2$ единицы.

Думпкарный парк. Число рабочих думпкаров определяется числом рабочих локомотивов и числом вагонов в каждом составе

$$N_{д.раб} = n N_{раб}.$$

Инвентарный парк думпкаров

$$N_{д.инв} = N_{д.раб} \cdot k_{д},$$

где $k_{д}$ — коэффициент, учитывающий думпкары, находящиеся в ремонте, резерве и пр. ($k_{д} = 1,25$).

§ 5. Пропускная способность

Пропускной способностью железнодорожной линии (перегона, станции) называется наибольшее число поездов (на однопутном участке — число пар поездов), которое может быть пропущено по данному участку в единицу времени (обычно в течение суток) при принятых средствах связи и СЦБ. Пропускная, способность перегона зависит от:

- а) числа путей на перегоне;
- б) времени занятия перегона. Время, требуемое на прохождение перегона, зависит (при данном весе поезда и типе локомотива) от длины перегона и его профиля;
- в) способа связи между отдельными пунктами, ограничивающими перегон. Должен учитываться интервал одновременного прибытия и интервал скрещения поездов на однопутной линии и интервал попутного следования на двухпутной линии.

Для однопутных линий пропускная способность (число пар поездов)

$$N' = \frac{60T}{t_{zp} + t_{nop} + 2t},$$

где t — общий станционный интервал по каждой из станций, ограничивающих перегон, мин;

$$t_{zp} = \frac{60L_n}{v_{zp}};$$

$$t_{nop} = \frac{60L_n}{v_{nop}};$$

L_n — длина перегона, км;

v_{zp} и v_{nop} — скорость движения соответственно в грузовом и порожняковом направлении, км/ч.

Принимая $v_{zp} \approx v_{nop}$, для однопутной линии получим пропускную способность (число пар поездов)

$$N' = \frac{30T}{t_x + t}.$$

Для двухпутной линии пропускная способность (число поездов) определяется для каждого направления:

$$N'_{zp} = \frac{60T}{t_{zp} + t};$$

$$N''_{nop} = \frac{60T}{t_{nop} + t}$$

При $t_{zp} \gg t_{nop}$ для двухпутной линии пропускная способность (число пар поездов)

$$N'' = \frac{60T}{t_x + t}$$

где t_x — время хода по перегону, мин.

Время занятия перегона парой поездов называется периодом графика движения. Для однопутной линии (см. рис. 57, а) период графика равен сумме времени занятия перегона груженым и порожним поездом и двух станционных интервалов:

$$T'_n = t_{zp} + t_{nop} + 2t.$$

Для двухпутной линии (см. рис. 57, б) период графика определяется для каждого направления

$$T'_n = t_x + \tau_{н.с.}$$

где t_x — время хода по перегону;

$\tau_{н.с.}$ — станционный интервал попутного следования.

При автоблокировке пропускная способность (число пар поездов) двухпутных линий определяется по интервалу времени между следующими друг за другом поездами:

$$N'' = \frac{60T}{I}$$

Интервал времени определяется расстоянием между движущимися поездами L , т. е. зависит от принятой системы сигнализации,

$$I = \frac{60L}{v}$$

Возможно применение двузначной и трёхзначной систем сигнализации при автоблокировке.

Двузначная система автоблокировки (рис. 58, а) с применением красного и зеленого огня используется в условиях, где требуется возможно меньший интервал между поездами, чтобы обеспечить большую частоту движения.

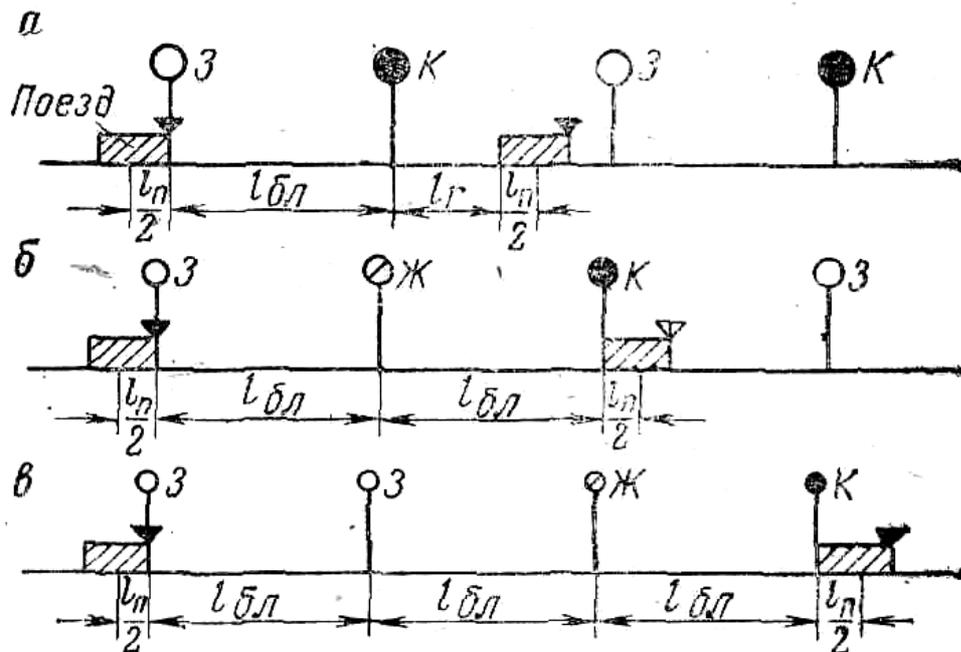


Рис. 58. Системы сигнализации при авто; блокировке

Минимальный интервал между поездами

$$L = \frac{l_n}{2} + l_{бл} + \frac{l_n}{2} + l_г,$$

где l_n — длина поезда, м;

$l_{бл}$ — длина блок-участка, принимаемая не менее длины тормозного пути, м;

$l_г$ — гарантийное расстояние по условиям безопасности, м.

Таким образом, при $l_{бл} = l_m$ и $l_г = l_n$

$$L = l_m + 2l_n.$$

При трехзначной системе сигнализации возможно разделение поездов двумя или тремя блок-участками. В первом случае (рис. 58, б), проезжая зеленый сигнал, машинист видит впереди желтый. Интервал между поездами .

$$L = 2l_{бл} + \frac{l_n}{2} + \frac{l_n}{2} = 2l_{бл} + l_n$$

или

$$L = 2l_m + l_n.$$

При разграничении поездов тремя блок-участками (рис. 58, в), машинист всегда видит перед собой зеленый сигнал. Интервал между поездами

$$L = 3l_{бл} + l_n$$

или

$$L = 3l_m + l_n$$

Пропускная способность (число пар поездов) пути на уступе

$$N_{уст} = \frac{60T}{t_{уст}},$$

где t_{ycm} — время занятия пути,

$$t_{ycm} = t_{ногр} + t_{зр} + t_{нор} + \tau$$

Здесь $t_{ногр}$ — время погрузки состава;

$t_{зр}$ и $t_{нор}$ — время движения соответственно груженого состава до обменного пункта и порожняка до экскаватора;

τ — сумма интервалов неодновременного прибытия и скрещения поездов на обменном пункте.

При поточной схеме подачи порожняка, когда

$$t_{зр} + t_{нор} + \tau \gg 0$$

время занятия пути (мин)

$$t_{ycm} = t_{ногр} + (2 \div 3)$$

Пропускная способность (число пар поездов) отвального тупика

$$N_{омб} = \frac{60T}{t_{омб}};$$

$$t_{омб} = t_{зр} + t_{разгр} + t_{нор} + t.$$

Здесь $t_{разгр}$ — время разгрузки состава, мин; при поочередной разгрузке вагонов $t_{разгр} = (1,5 \div 2)n$;
 n — число вагонов в составе.

Пропускная способность приемо-отправочных путей станций

$$N_{н.о} = \frac{60Tr}{k_n t_3},$$

где r — число приемо-отправочных путей;

k_n — коэффициент, учитывающий неравномерность движения поездов.

Продолжительность занятия пути одним поездом

$$t_3 = t_{нр} + t_{см} + t_{ман} + t_{отпр}$$

где $t_{нр}$ — время, затрачиваемое на прием поезда, в течение которого поезд проходит расстояние, равное сумме длины тормозного пути, расстояния от входного сигнала до входной стрелки, длины входной горловины и полезной длины занимаемого пути;

$t_{см}$ и $t_{ман}$ — время соответственно стоянки и маневров на станции;

$t_{отпр}$ — время отправления поезда, в течение которого поезд проходит расстояние, равное длине поезда и выходной горловины.

Пропускная способность сети карьерных путей, состоящей из ряда перегонов и отдельных пунктов, ограничивается пропускной способностью одного из перегонов. Ограничивающим называется перегон, время занятия которого наибольшее (обычно такой перегон включает выездную траншею). Отличительные признаки ограничивающего перегона: наиболее тяжелые профиль и план, наибольшая длина.

Провозная способность — число тонн груза, которое может быть перевезено по карьерным путям в единицу времени. При сосредоточенном грузопотоке (одна выездная траншея) провозная способность устанавливается по ограничивающему перегону

$$M = \frac{N}{f} n q_в,$$

где N — пропускная способность ограничивающего перегона;

f — коэффициент резерва провозной способности, равный 1,10—1,25.

Способами увеличения провозной способности карьерных путей являются:

- а) увеличение скорости движения поездов благодаря применению более мощного подвижного состава или смягчению профиля пути;
- б) сокращение длины ограничивающего перегона разделением его новыми отдельными пунктами;
- в) сокращение времени на связь за счет перехода на автоблокировку;
- г) укладка дополнительных путей, которая, однако, связана со значительными капитальными затратами.

РАЗДЕЛ II. АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ

ГЛАВА 7. АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ

§ 1. Классификация и элементы автодорог

По характеру перевозок автодороги в карьерах делятся на производственные и хозяйственные. Производственные дороги предназначены для перевозки полезного ископаемого и вскрышных пород от экскаваторных забоев до пунктов разгрузки. Хозяйственные дороги используются для перевозки хозяйственных и вспомогательных грузов.

Производственные дороги по местоположению на трассе разделяются на следующие виды:

- магистральные на поверхности;
 - в капитальных траншеях и на постоянных съездах;
 - на рабочих площадках в забоях и на отвалах.
- По конструкции карьерные автодороги различают:
- с дорожным покрытием;
 - без дорожного покрытия.

По условиям эксплуатации карьерные автодороги делятся на постоянные и временные. Постоянные дороги прокладываются на длительный срок эксплуатации, временные же периодически перемещаются вслед за подвигающимся фронтом горных работ.

К постоянным дорогам относятся дороги на поверхности карьера, в капитальных траншеях, на отработанных уступах в карьере или на участках на отвале. К временным дорогам относятся дороги на скользящих съездах, на рабочих уступах в карьере и на отвалах.

Главным признаком, характеризующим размеры и конструкцию дороги, является ее грузонапряженность, т. е. количество груза в тоннах, перевозимое по данному участку дороги в единицу времени:

Проектирование и строительство автодорог всех типов производится в соответствии с определенными нормативами. Для каждой категории дорог устанавливаются максимальная скорость движения, ширина проезжей части, наибольший уклон, минимальный радиус кривой, тип покрытия и т. д.

Автомобильная дорога (рис. 59) состоит из земляного полотна 1, дорожного покрытия 2, образующего проезжую часть дороги, и водоотводных сооружений 4.

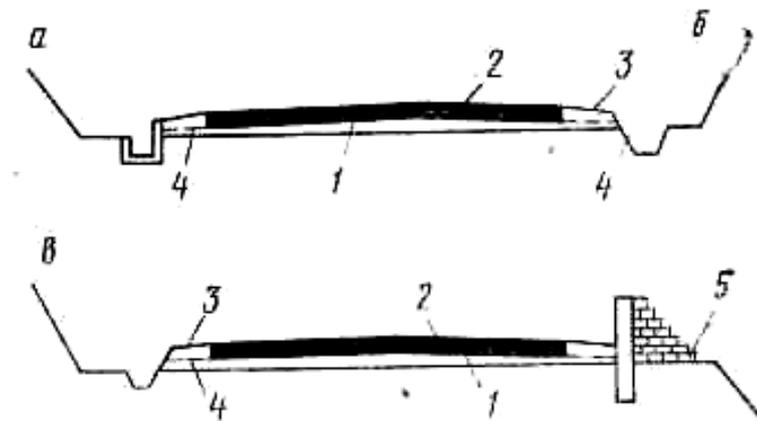


Рис. 59. Поперечный профиль автодороги. Траншея:

a — в рыхлых породах; *б* — в скальных породах; *в* — на съездах; 1 — земляное полотно; 2 — дорожное покрытие; 3 — обочина; 4 — водоотводные сооружения; 5 — ограждение

Размеры отдельных элементов поперечного профиля устанавливаются в зависимости от вида подвижного состава, числа полос движения и конструкции водоотводных сооружений.

Земляное полотно должно обладать устойчивостью независимо от изменения температурного и водного режима. Это достигается устройством полотна из устойчивых грунтов и обеспечением отвода поверхностных и грунтовых вод.

Земляное полотно автомобильных дорог, так же как и железнодорожных путей, сооружается в виде насыпей, выемок или нулевых мест по типовым поперечным профилям. Крутизна откосов насыпей высотой до 1 м принимается от 1:1,5 до 1:3, более 1 м — 1:1,5.

Насыпи желательно возводить из однородных грунтов. При различных грунтах вниз укладывается слой грунта с худшими дренирующими свойствами и ему придаются поперечные уклоны.

Для отвода воды из земляного полотна вдоль дороги устраивают кюветы или лотки с продольным уклоном 2—4‰. На косогорных участках с верхней стороны устраивают нагорные каналы.

Ширина земляного полотна складывается из ширины проезжей части и двух обочин.

Проезжая часть воспринимает основную нагрузку от подвижного состава и на главных дорогах покрывается дорожной одеждой (дорожным покрытием). Ширина проезжей части зависит от габаритов подвижного состава, скорости движения и числа полос движения.

В условиях карьеров осуществляются различные схемы движения автомашин:

- а) встречное по одной полосе автодороги;
- б) встречное по двум полосам, одна из которых грузовая;
- в) кольцевое (поточное).

В карьерах наиболее распространены встречное движение по двум полосам и поточное по одной полосе.

Ширина проезжей части дороги при встречном однополосном движении принимается с учетом того, что при разъезде встречных машин порожняя съезжает на обочину, ширина которой 2,0—2,5 м.

При двухполосном движении ширина проезжей части B (м) постоянных автодорог

$$B = 2ak_v + \Delta B_z$$

где a — ширина автомобиля;

k_v — коэффициент, учитывающий суммарную скорость встречных автомашин в интервале скоростей 20—30 км/ч и равный 1,6—1,9;

ΔB_z — величина, учитывающая габариты (длину, высоту, ширину) автомобиля (для самосвалов грузоподъемностью 27; 40 и 75 т ΔB_z соответственно равно 1,0; 1,3 и 2,3 м, а для полуприцепов 65 и 120 т — 2,2 и 3,8 м).

По данным Института горного дела Министерства черной металлургии СССР, ширина двухполосных постоянных автодорог (при различных значениях уклона) характеризуется данными, приведенными в табл. 12.

Т а б л и ц а 12

Ширина проезжей части постоянных автодорог

| Покрытие автодорог | Ширина проезжей части (м) для автомобилей | | | | | |
|---------------------------------|---|------|-----------|------|-----------|----|
| | БелАЗ-540 | | БелАЗ-548 | | БелАЗ-549 | |
| | При уклоне, % | | | | | |
| | 0 | 8 | 0 | 8 | 0 | 8 |
| Бетонное | 14 | 12 | 15 | 12,5 | 20 | 18 |
| Щебеночное | 14 | 12 | 15 | 12,5 | 20 | 18 |
| Грунтовое на скальном основании | 13 | 11,5 | 15 | 12 | 19 | 17 |

Ширина временных автодорог в забое и на отвале определяется габаритами автомобилей. Для самосвалов грузоподъемностью 27—75 т она составляет от 10,5 до 13,5 м, для полуприцепов 65—120 т — от 10,5 до 15,5 м.

Очертание поверхности проезжей части имеет уклон для обеспечения отвода воды. Дороги выполняются двускатными и односкатными. Двускатные поверхности устраивают на прямых участках капитальных траншей и дорог. Односкатные поверхности устраивают на петлевых и спиральных съездах, а также на отвалах и в забоях.

На поворотах радиусом 200 м и менее, когда появляется значительная центробежная сила, стремящаяся сдвинуть автомашину с проезжей части, на постоянных автодорогах осуществляется переход от двускатного к односкатному профилю (виражу) путем постепенного повышения наружной бровки полотна дороги. Поперечный уклон виража принимается в пределах 20—60‰.

На кривых участках для безопасности движения проезжая часть дороги выполняется с уширением. Размер уширения l (м) зависит от радиуса закруглений и для проезжей части двухполосной дороги может быть определен из выражения

$$b = \frac{l^2}{R} + \frac{0,1v}{\sqrt{R}},$$

где l — расстояние от переднего бампера до задней оси машины, м;

R — радиус кривой, м;

v — расчетная скорость движения, км/ч.

При радиусах кривых 20—30 м уширение проезжей части составляет 1,5—2,0 м. При однополосном движении величина уширения уменьшается вдвое.

Уширение производится постепенным (на длине не менее 20 м) уменьшением ширины обочины. При этом ширина обочины должна оставаться не менее 1 м.

Трассирование карьерных автодорог производится из расчета минимального объема земляных работ, особенно на поверхности карьера. Вместе с тем оно должно обеспечивать безопасность движения автотранспорта с возможно большими скоростями.

Дорога в плане состоит из прямолинейных участков, сопрягаемых кривыми. На кривых участках снижаются скорости движения автомашины, однако кривые малого радиуса позволяют наиболее полно использовать основное преимущество автотранспорта — маневренность.

Минимально допустимые радиусы закруглений автосамосвалов на постоянных дорогах составляют 50—60 м, на временных дорогах в карьере 15—20 м, на петлевых заездах под погрузку 9—15 м.

Продольный профиль автодороги проектируется в виде плавной линии, состоящей из площадок, уклонов и вертикальных кривых, соединяющих участки с различными уклонами.

При выборе руководящего (расчетного) уклона учитываются глубина карьера, интенсивность движения, тяговые свойства автомашин и климатические особенности района. Применение больших уклонов позволяет значительно сократить объемы земляных работ, однако при этом снижаются скорость движения автомашины, а также пропускная способность дорог и безопасность движения.

В результате выбор оптимального уклона автодороги производится на основании оценки технико-экономических показателей применительно к конкретным горнотехническим условиям с учетом тяговых свойств машины и безопасности движения.

Для современных типов автосамосвалов (колесная формула 4×2) величина руководящего подъема по этим соображениям практически ограничивается величиной 70—90 ‰. Участки дорог значительной протяженности с бетонными и железобетонными покрытиями должны иметь уклон не более 70 ‰ при транспортировании скальных пород и не более 60 ‰ при транспортировании глинистых пород. Уклоны, превышающие 100‰, не следует допускать, так как при этом резко возрастает износ ходовой части машин и автопокрышек.

При применении полуприцепов с колесной формулой 6×2 (например, для перевозок угля при бестранспортной системе разработки) целесообразно выполнять съезд пологим (40—60 ‰), так как в этом случае увеличиваются скорость движения автомашин и производительность автотранспорта в целом.

Уклоны в порожняковом направлении ограничиваются условиями безопасности движения и обычно не превышают 120—150 ‰.

При совпадении подъема с кривой производят смягчение продольного профиля на величину

$$\Delta i = 30 \frac{(200 - R)}{200}, \text{ ‰}$$

На длинных затяжных уклонах в районах, где наблюдается обледенение поверхности дорожной одежды, следует предусматривать вставки с уклоном не более 20‰ и длиной не менее 50—60 м через каждые 500—600 м длины уклона.

В местах перелома продольного профиля, где разность смежных уклонов превышает 100‰, выполняют вертикальные кривые для повышения плавности движения подвижного состава. При скоростях движения 20—40 км/ч минимальные радиусы выпуклых кривых составляют 200—500 м, а вогнутых кривых 150—200 м.

§ 2. Дорожные покрытия

Дорожное покрытие проезжей части применяют для того, чтобы обеспечить движение автотранспорта с высокими скоростями и предохранить автодорогу от разрушения под действием

подвижного состава и природных климатических факторов. Поверхность дорожного покрытия должна быть также достаточно шероховатой, чтобы обеспечивать надежное сцепление колес с дорогой.

Дорожное покрытие состоит из одного или нескольких, конструктивных слоев. Верхний слой, или слой износа, характеризует эксплуатационные качества дороги: сцепление, ровность и т. д. Нижний же, или несущий слой, обеспечивает прочность конструкции одежды. Несущий слой располагается на дорожном основании, выполняющем функции дренирующего слоя и передающем нагрузки на земляное полотно. В карьерах искусственное основание предусматривают только тогда, когда подстилающими грунтами являются наносы, глинистые сланцы и подобные им породы, изменяющие свои свойства при увлажнении. Материалом для дорожного основания, служат известняки, песчаники и другие породы, получаемые обычно при ведении вскрышных работ.

На песчаниках, известняках, песчаных сланцах и т. п. искусственное основание автодорог не предусматривается.

Конструкцию дорожной одежды выбирают, в зависимости от грузонапряженности движения, срока эксплуатации дороги, наличия местных материалов, климатических и грунтовых условий и др.

Различают дорожные покрытия усовершенствованные (капитальные и облегченные), переходные и низшие.

К усовершенствованным капитальным покрытиям относятся цементнобетонные, железобетонные, асфальтобетонные и черные щебеночные (укладываемые в горячем состоянии) на основаниях: бетонном, щебеночном, гравийном, гравийно-щебеночном, шлаковом, из булыжного или колотого камня, а также грунтощебеночном, грунтогравийном и грунтовом, укрепленных вяжущими материалами.

К усовершенствованным облегченным покрытиям относятся черные (обработанные вяжущими битумами) щебеночные и черные гравийные на основаниях: щебеночном, гравийном, шлаковом, грунтощебеночном, а также на основаниях грунтогравийном и грунтовом, укрепленных вяжущими материалами; грунтоасфальт.

К покрытиям переходного типа относятся щебеночные, гравийные, шлаковые, грунтощебеночные и грунтогравийные, обработанные вяжущими материалами, грунтовые, укрепленные вяжущими материалами.

К покрытиям низшего типа относятся грунтовые, укрепленные гравием или щебнем, грунтовые с подобранным гранулометрическим составом.

Эксплуатационные качества дороги оцениваются в первую очередь прочностью дорожной одежды, состоянием проезжей части, определяющим возможную скорость движения машин, и изношенностью дорожного покрытия.

Наибольшее распространение на отечественных карьерах получили постоянные автодороги с щебеночным покрытием. Дороги этого типа успешно эксплуатируются в карьерах. Весьма эффективна обработка щебеночных покрытий черными, вяжущими материалами (битум, асфальтовые эмульсии). Это сохраняет покрытие, придает ему большую ровность, уменьшает пылеобразование. Обработка вяжущими материалами наиболее перспективна для карьерных автодорог.

С увеличением грузоподъемности машин для стационарных дорог получает распространение монолитное цементнобетонное покрытие, отличающееся высокой прочностью и долговечностью. Конструкция временных карьерных автодорог заметно отличается от конструкции дорог стационарных. На временных дорогах обычно ограничиваются профилированием их бульдозерами и укаткой дорожными катками. Основанием для дорожных проездов служат вскрышные породы или кровля пласта полезного ископаемого. Однако с увеличением грузоподъемности машин возникает необходимость в применении более совершенных дорожных покрытий.

На карьерах получили применение сборно-разборные железобетонные дорожные покрытия, состоящие из готовых железобетонных элементов (плит). Плиты укладываются на подготовленное основание и скрепляются между собой. Основные преимущества сборных железобетонных покрытий — высокая прочность, простота устройства, транспортабельность и возможность неоднократной укладки на дороге.

Значительная экономия бетона и снижение стоимости достигаются при использовании плит

с предварительно напряженной арматурой. В этом случае рабочей стальной арматуре, закладываемой в плиту, сообщается предварительное натяжение, близкое по величине к расчетному пределу прочности. В таком состоянии арматура находится до полного затвердения бетона, после чего усилие ее сжатия передается на бетон. Получаемое за счет предварительного натяжения арматуры сжатие плиты повышает ее упругость и трещиноватость.

Дороги со сборно-разборным железобетонным покрытием выполняют двух типов:

1) со сплошным покрытием на всю ширину проезжей части;

2) с покрытием колейного типа в виде параллельных полос, укладываемых в местах прохода колес автомашин.

Дороги первого типа применяются при интенсивном двухполосном движении, второго типа — при кольцевом движении или встречном движении небольшой интенсивности с устройством разъездов. Сплошное покрытие предпочтительнее для постоянных дорог, колейное — для забойных и отвалных автодорог.

§ 3. Содержание и ремонт автодорог

Автодороги постоянно находятся под действием воды, ветра, снега, температурных колебаний и нагрузок от подвижного состава, вызывающих постепенное накопление повреждений, потерю прочности дорожной одежды и нарушение ровности дороги. Особенно вредное влияние на состояние автодорог оказывают грунтовые и поверхностные воды. От воды грунтовые дороги размягчаются и проезд по ним становится затруднительным. Избыток влаги в гравийных дорожных покрытиях способствует появлению колеи.

В жаркий летний период года асфальтобетонные, черные (пропитанные) щебеночные и черные гравийные покрытия размягчаются и становятся пластичными. В зимнее время при значительном понижении температуры на асфальтобетонных и цементнобетонных покрытиях образуются трещины.

Кроме природных факторов на дорогу оказывают влияние также нагрузки от автотранспорта. Вертикальная воздействующая сила зависит от веса обращающихся автомашин. При движении по кривым малого радиуса вертикальная нагрузка значительно увеличивается за счет центробежной силы. Вдоль дорожного покрытия действуют касательные силы (особенно при торможении), вызывающие повреждения в виде волн и сдвигов.

Наиболее характерными повреждениями дорожного покрытия разных типов являются трещины, выбоины, сдвиги, вмятины, волны, колеи. Происходит и износ дорожного покрытия.

Для обеспечения безопасности непрерывного движения автотранспорта с установленными скоростями и нагрузками в условиях карьеров создается дорожная служба по содержанию и ремонту автодорог.

Дорожно-ремонтные работы разделяются на содержание и ремонты — текущий, средний и капитальный. К содержанию относятся работы по уходу за дорогой и дорожными сооружениями и поддержанию их в чистоте. Производятся они в течение всего периода работы автотранспорта. При этом для весеннего и осеннего периодов характерен отвод обильного количества влаги от земляного полотна. В летний период превалируют работы по профилированию дорог и очистке дорожного покрытия от пыли, грязи и материала, просыпающегося из кузовов машин. В зимний период приобретают особую важность работы по очистке дорог от снега и борьба с гололедицей (посыпка песком и пр.).

Для условий открытых разработок важное значение имеет борьба с пылеобразованием на дорогах, поскольку пыль ухудшает условия работы водителей и повышает износ автомашин. Основными способами борьбы с пылеобразованием являются поливка проезжей части дорог водой, хлористым кальцием и даже нефтепродуктами.

Поливка водой, не применимая в зимних условиях и требующая достаточно громоздкого хозяйства, вместе с тем малоэффективна (ее действие летом ограничивается временем в 15—20 мин). Поэтому рекомендуется использовать раствор хлористого кальция, магния, натрия или отходы содовой промышленности, содержащие хлористый кальций. Ориентировочный расход хлористого кальция для обеспыливания дорог составляет около 0,6 кг/м². Однако хлористый кальций не обладает вяжущими свойствами, и поэтому его использование в жарком и сухом климате малоэффективно. Использование же нефти, мазута и жидких битумов (при расходе 0,8—1,25 кг/м²) увеличивает срок действия одного полива (2—8 мес).

К текущему ремонту относятся работы, по предупреждению и немедленному исправлению

мелких повреждений дороги и дорожных сооружений. Основные из них: заделка трещин и выбоин, засыпка колеи, профилирование дорог, исправление просадок и мелких повреждений земляного полотна.

К среднему ремонту относятся производимые раз в 2 года работы по ликвидации износа дороги. Основные из них: поверхностная обработка асфальтобетонных, черных щебеночных и гравийных покрытий, замена отдельных плит, выравнивание покрытий с добавлением щебня или гравия.

К капитальному ремонту относятся производимые раз в несколько лет работы по полному возмещению износа всех элементов и сооружений дороги, повышению прочности дорожного покрытия, доведению размеров элементов дороги до норм, соответствующих определенной категории.

При плохо организованном уходе дорога быстро разрушается и становится непригодной для нормального движения. Особенно это относится к дорожным проездам в забоях и на отвалах.

При строительстве и ремонте автодорог используются механизмы, занятые в карьерах на основных работах (экскаваторы, скреперы, бульдозеры). Они используются обычно для подготовки трассы автодороги, а также при крупных ремонтных работах. Кроме этого, при строительстве, ремонте и эксплуатации автодорог используются некоторые специальные машины: грейдеры различных типов, автокраны, дорожные, самоходные и прицепные катки, рыхлители, поливочные машины, снегоочистители, пескоразбрасыватели, передвижные автогудронаторы. Дорожно-ремонтные бригады, обслуживающие автодороги в карьерах, оснащаются необходимыми дорожными машинами и механизмами, тип и число которых определяются категорией и протяженностью автодорог на предприятии. Для карьеров, где протяженность дорог ограничена 20—25 км, достаточно иметь одну комплексно механизированную бригаду.

Комплект оборудования, необходимого для проведения основных дорожных работ по данным проф. М. В. Васильева, приведен в табл. 13.

Т а б л и ц а 13

Комплект оборудования для дорожных работ

| Характер выполняемой работы | Оборудование | Производительность одной единицы, м ³ /смену | Примерное число машин на 10 км дороги |
|---|--|---|---------------------------------------|
| Возведение насыпей, устройство съездов, подъездов, профилирование дорожного полотна | Гусеничные бульдозеры Д-521 и Д-384 | 700—900 | 4 |
| | Колесные бульдозеры Д-596 и Д-540 | 500—1000 | 4 |
| Уплотнение грунтов, распределение материала, обработка вяжущими | Катки на пневмомашинах прицепные Д-326 и Д-242 | 2500—3000* | 1 |
| | Прицепные кулачковые катки Д-615 и Д-220 | 1500—2000* | 1 |
| | Рыхлители Д-515 и Д-57 | 1000—3000* | 1 |
| | Автогудронатор Д-251 | 20—40 * | 2 |

* Производительность в м³/смену.

ГЛАВА 8. ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ

§ 1. Общие сведения об устройстве большегрузных автомашин

По конструктивному исполнению подвижной состав карьерного автотранспорта разделяется на две основные группы: автосамосвалы и полуприцепы.

Автосамосвал — автомобиль с кузовом, расположенным на его раме и разгружающимся опрокидыванием назад или набок.

Полуприцеп — автомобиль, кузов которого одним концом опирается, на прицепное устройство тягача, а на другом имеет одну или две ходовые оси. Выполняются полуприцепы в зависимости от назначения с разгрузкой назад, через дно и с опрокидыванием кузова набок.

Специфические условия эксплуатации на открытых горных разработках предъявляют к конструкции автотранспортных средств ряд требований.

1. Автомобиль должен обеспечивать наиболее простую и полную погрузку и разгрузку кузова в целях сокращения длительности этих технологических операций.

2. Карьерный автомобиль должен обладать высокой маневренностью, поскольку условия работы в горных выработках (в забоях и на отвалах) стеснены.

3. Автомобиль должен иметь высокую устойчивость и хорошую проходимость, обеспечивающие работу в условиях сложного рельефа местности и движения по дорогам невысокого качества.

4. На затяжных подъемах и спусках, характерных для карьерных условий, автомобиль должен развивать достаточную скорость в связи с необходимостью сокращения рабочего цикла машины.

Перечисленные требования определяют выбор колесной формулы, компоновочной схемы и основных параметров карьерных автомашин в зависимости от их назначения.

Колесной формулой называется цифровое обозначение числа колес автомобиля, причем первая цифра обозначает общее число колес, а вторая — число ведущих.

В отечественной и зарубежной практике применяются карьерные автомашины с различными колесными формулами. Для самосвалов используется колесная формула 4×2 (наиболее часто) и 4×4. Полуприцепы создаются с колесной формулой 6×2 или 6×4.

Колесная формула имеет большое значение, так как определяет долю полного веса машины, реализуемую в виде тягового усилия.

С конструктивной точки зрения в пределах допустимых осевых нагрузок целесообразно создание двухосных автосамосвалов. Это упрощает конструкцию и. повышает надежность, тягово-динамические качества, маневренность. При перевозке легких грузов (угля, сланцев) требуется относительно большой объем кузова, поэтому предпочтительно создание полуприцепов с донной разгрузкой.

Основными частями карьерного автомобиля являются: двигатель, шасси и кузов.

Двигатель — это источник механической энергии, приводящей автомобиль в движение. В качестве двигателей для автомобилей используются двигатели внутреннего сгорания, преобразующие тепловую энергию сгорающего топлива в механическую работу.

На карьерных большегрузных автомобилях применяются двигатели с воспламенением от сжатия, работающие на тяжелом жидком (дизельном) топливе.

В двигателях с воспламенением от сжатия горючая смесь образуется внутри цилиндра из топлива и воздуха, подаваемых в цилиндр раздельно. Воспламенение горючей смеси происходит в результате повышения температуры воздуха при сильном его сжатии в цилиндре. Вследствие применения высоких степеней сжатия дизельные двигатели высокоэкономичны и расходуют топлива на единицу мощности на 35—40% меньше карбюраторных. Применяемое для дизельных двигателей тяжелое жидкое топливо дешевле бензина. В этом и заключается основное преимущество поршневых дизельных двигателей (несмотря на некоторую сложность конструкции), благодаря которому они получили основное распространение.

Для карьерных автомобилей используются высокооборотные четырехтактные 8- и 12-цилиндровые V-образные двигатели мощностью от 300 до 2000 л. с. (рис. 60). •

Основными элементами конструкции двигателя являются картер, блоки цилиндров, кривошипно-шатунный механизм (коленчатый вал, шатуны, поршни), механизм газораспределения (клапаны, распределительные валы). Для обеспечения работы двигатель снабжается рядом систем:

питания топливом (топливные баки, насосы, фильтры, форсунки), питания воздухом, смазки двигателя (масляные баки, насосы, фильтры, радиатор), охлаждения (водяной насос, радиатор, вентиляторы), пуска (электростартер, оборудование для пуска сжатым воздухом).

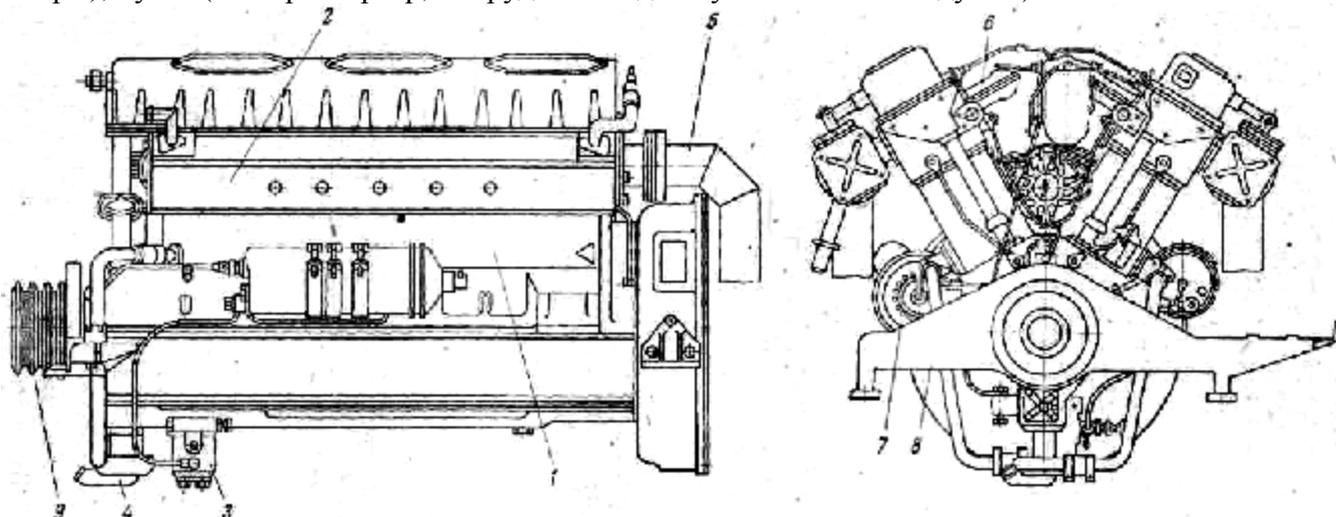


Рис. 60. Автомобильный двигатель Д-12А:

1 – картер; 2 - блок цилиндров; 3 - масляный насос; 4 - водяной насос; 5 - трубопровод для отвода отработавших газов; 6 - впускные трубопроводы; 7 – генератор; 8 - балка передней опоры двигателя; 9 - ведущий шкив привода вентиляторов и компрессоров

К шасси относятся все части и механизмы, служащие для передачи вращающего момента от двигателя к ведущим колесам (трансмиссия), его передвижения (ходовая часть), и механизм управления.

Режим работы карьерных автомобилей характеризуется резкой сменой нагрузок двигателя. Наиболее полное использование мощности достигается при применении трансмиссии, обеспечивающей широкий диапазон регулирования.

Трансмиссия карьерных автомашин должна отвечать ряду требований:

- а) обеспечивать движение груженой машины на затяжных подъемах с высокими скоростями и максимальным использованием мощности дизеля;
- б) обеспечивать плавное трогание с места на трудных участках дорог;
- в) способствовать увеличению долговечности двигателя и силовой передачи благодаря сглаживанию ударов и колебаний;
- г) облегчать управление автомашиной.

Для большегрузных автомашин возможно применение трансмиссий трех типов: механической, электрической и гидромеханической.

Механическая трансмиссия состоит из фрикционного сцепления и шестеренной коробки передач.

При использовании механической трансмиссии двигатель не всегда работает в наиболее выгодных режимах, так как передаточные числа приходится выбирать из имеющегося ограниченного числа передач (4—5). При движении в сложных условиях требуется частое переключение передач, что значительно усложняет работу водителя. В отдельных случаях между двигателем и сцеплением включена гидравлическая муфта, повышающая плавность работы самосвала и облегчающая условия переключения передач.

Использование механической передачи целесообразно при грузоподъемности автомобилей до 15—20 т.

Гидромеханическая трансмиссия (рис. 61) представляет собой агрегат, состоящий из нескольких узлов: согласующего редуктора 1, гидротрансформатора 2, трехступенчатой коробки передач 3, тормоза-замедлителя 4. Основным узлом трансмиссии является гидротрансформатор, позволяющий автоматически изменять тяговое усилие на ведущих колесах автомобиля благодаря бесступенчатому преобразованию крутящего момента. Энергия от ведущего вала к ведомому передается с помощью жидкости, заполняющей кольцевую полость между насосным и турбинным колесами гидротрансформатора.

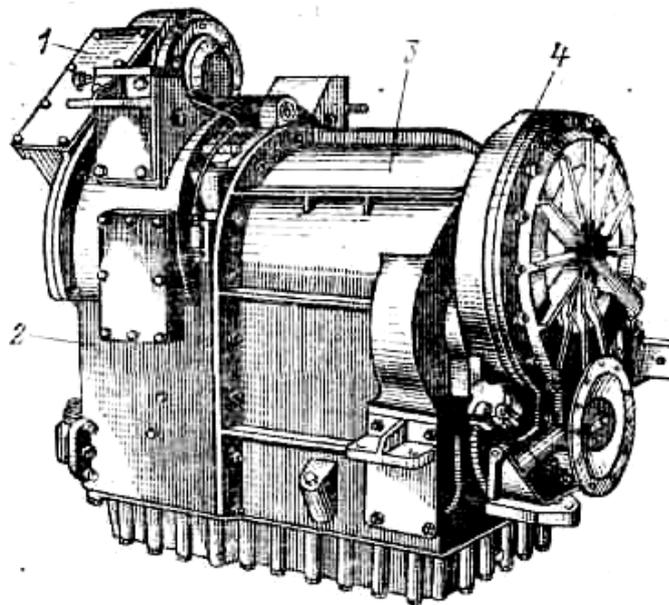


Рис. 61. Гидромеханическая трансмиссия

Согласующий редуктор, служащий для совмещения характеристик двигателя и гидротрансформатора, состоит из прямозубых цилиндрических колес. Передаточное число редуктора определяется наиболее выгодными условиями совместной работы двигателя и трансмиссии.

Расширение диапазона изменения крутящего момента гидромеханической трансмиссии обеспечивается введением в них передач (шестеренного редуктора) с переключением их посредством фрикционных муфт с гидравлическим управлением. Ведущий вал коробки передач является валом гидротрансформатора. Ведомый вал через карданный вал связан с ведущим мостом.

Для самосвала БелАЗ-540 принята коробка передач с тремя ступенями: I передача — движение на временных дорогах при суммарном удельном сопротивлении движению свыше 120 Н/кН; II передача — движение на подъемах с уклоном 50—100 % по постоянным дорогам; III передача — движение на горизонтальных участках постоянных дорог.

В состав гидромеханической трансмиссии конструкции Белорусского автозавода включен гидродинамический тормоз-замедлитель лопастного типа, создающий тормозной момент на ведущем валу коробки передач. Тормоз служит для поддержания постоянной скорости при движении самосвала на спусках без использования колесных тормозов. Это повышает безопасность движения в условиях сложного профиля карьерных автодорог.

Опыт создания большегрузных автосамосвалов показывает, что гидромеханическая передача получит применение на автомобилях грузоподъемностью 20—50 т.

Для передачи усилия от вала коробки передач к валу ведущего моста при переменных углах между валами служит карданная передача. Угол наклона изменяется, так как ведущий мост может перемещаться относительно рамы из-за амортизации шин или подвески. Карданная передача состоит из валов и карданных шарниров (карданов). При поворотах автомобиля, когда внутреннее колесо проходит меньший путь, чем наружное, требуется обеспечить качение правого и левого движущих колес с различным числом оборотов. Для получения такой возможности ведущие колеса устанавливаются на двух полуосях, связанных коническими шестернями (дифференциалом), допускающими относительное вращение полуосей.

Электромеханическая трансмиссия. С увеличением грузоподъемности все более эффективным становится электрический привод ведущих колес автомобиля, имеющий высокий к. п. д., обеспечивающий простоту управления и получение оптимальных характеристик в различных режимах работы.

При электрической передаче двигатель работает в стабильном режиме независимо от нагрузки на ведущих колесах благодаря бесступенчатому регулированию скорости в широком диапазоне.

С применением электромеханической передачи становится возможным индивидуальный привод колес и, следовательно, использование нескольких осей в качестве ведущих.

Электромеханическая трансмиссия состоит из генератора, вращаемого дизелем, тяговых двигателей (одного или нескольких), приводящих в движение колеса, и системы регулирования.

При электромеханической трансмиссии могут быть применены системы постоянного и пе-

ременного тока. Получившая распространение система постоянного тока (она используется на самосвале БелАЗ-549) отличается наибольшей простотой.

Одним из элементов электромеханической трансмиссии является мотор-колесо (рис. 62). В ободу 1 такого колеса монтируется тяговый двигатель постоянного тока 2, вращение колеса 3 осуществляется через встроенный планетарный редуктор 4. Обод колеса (корпус) объединяет все узлы в единый агрегат и воспринимает основные нагрузки. С силовой установкой мотор-колесо связано гибкими кабелями.

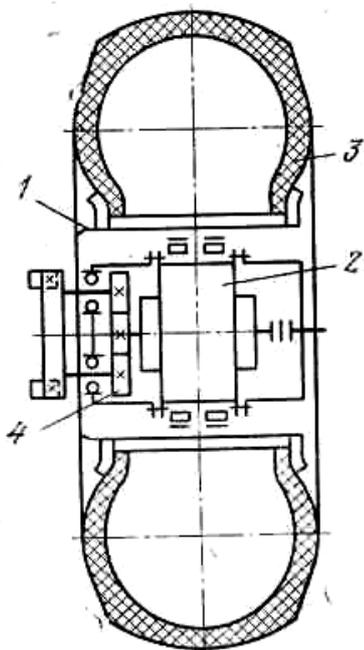


Рис. 62. Мотор-колесо самосвала

С применением электромеханической трансмиссии возможно создание средств автотранспорта в трех исполнениях:

1) троллейвоз — самосвал с электрическими тяговыми двигателями (одним или несколькими), получающими электроэнергию от двухпроводной контактной сети;

2) дизель—электрический самосвал оборудуется дизельной установкой, вращающей генератор постоянного или переменного тока. Генератор питает энергией один или несколько тяговых двигателей, приводящих машину в движение;

3) дизель — троллейвоз представляет собой комбинацию двух предыдущих машин. На подъемах и на поверхности, где дороги стационарны, осуществляется питание машины от контактной сети. Для работы на передвижных путях в карьерах и на отвалах, где целесообразно отказаться от контактной сети, машина оборудуется вспомогательной дизельной установкой, вращающей генератор, и т. д.

Преимущества электромеханической трансмиссии особенно заметны при грузоподъемности автомашин более 65 т. С применением этого вида трансмиссии в Советском Союзе предусмотрено создание ряда самосвалов особо большой грузоподъемности (75, 110 и 180 т). Большим преимуществом электромеханической трансмиссии является возможность достаточно просто выполнить ведущими большое число осей. Это открывает возможность создания большегрузных специализированных полуприцепов с двумя ведущими осями.

К ходовой части автомобиля относятся следующие основные узлы.

1. Рама, служащая основанием, на котором укреплены все части автомобиля и его кузов. Рама состоит из двух сварных продольных балок коробчатого сечения, соединенных несколькими поперечинами. Поперечины служат для крепления цилиндров подвески и подъемного механизма, а также для размещения буксирных устройств. Рама карьерных автомашин изготавливается повышенной прочности, так как подвергаются значительным ударным нагрузкам при погрузке горной массы экскаваторами.

2. Подвеска автомобиля. Карьерные автомашины характеризуются значительными статическими нагрузками на ось.

При загрузке самосвала вес, приходящийся на переднюю подвеску, увеличивается примерно в 1,5 раза, а вес, приходящийся на заднюю ось, — более чем в 3 раза. Кроме того, динамические

воздействия от дороги увеличивают статическую нагрузку в 2,5—3,0 раза. Чтобы обеспечить плавный ход и устойчивость при движении в различных режимах, подвеска должна иметь переменную жесткость — меньшую при движении без груза и большую при движении с грузом.

Применение листовых рессор не обеспечивает требуемой характеристики подвески, поэтому на отечественных большегрузных машинах применена пневмогидравлическая подвеска. В этом случае передние колеса и задний мост крепятся к штокам поршней пневмогидравлических цилиндров. Упругим рабочим телом подвески является сжатый газ (азот), а рабочей жидкостью — веретенное масло. Гидравлическая система используется при этом как амортизирующая, а использование сжатого газа обеспечивает подвеске требуемую переменную жесткость.

Испытаниями установлено, что с применением пневмогидравлической подвески вертикальные ускорения на сиденьи водителя, принятые за критерий плавности хода, сокращаются в 1,5—2,5 раза. Кроме того, пневмогидравлическая подвеска, разгрузив основные узлы автомашины, позволила значительно уменьшить их вес без снижения надежности.

3. Колеса и шины. На переднюю ось карьерных автомобилей обычно устанавливаются два колеса, на заднюю ось самосвала и на ось полуприцепа — четыре (по два спаренных колеса на каждую сторону).

Колесо состоит из обода и шины. Обод служит для монтажа шины и крепления колеса к ступицам. - Пневматические шины состоят из камеры и покрышки. Основанием покрышки является прочный каркас из нескольких слоев высокопрочного корда. Сверху каркаса покрышка имеет толстый слой резины (протектор). Для лучшего сцепления колеса с дорогой протектор выполняют с рисунками различной формы. Применяются также бескамерные шины. В этом случае борта покрышки плотно прилегают к ободу, обеспечивая герметичность.

Размер шин обозначается двумя числами в дюймовой системе. Первое число обозначает ширину профиля, второе — диаметр обода колеса. У автомобилей БелАЗ-540 применяются шины размером 18.00—25, у автомобиля БелАЗ-549 — 27.00—49.

Шины карьерных автомобилей должны отвечать ряду требований и в первую очередь обладать высокой износостойкостью, разрывной прочностью и теплостойкостью.

4. Механизм управления. Этот механизм состоит из рулевого управления и тормозной системы. Рулевое управление служит для изменения направления движения, которое осуществляется поворотом передних колес. Для машин большой грузоподъемности, когда для поворота колес приходится прилагать значительные усилия на рулевом колесе, применяют гидравлический усилительный механизм, поршень которого поворачивает передние колеса. В таком случае рулевое управление состоит из рулевого механизма, гидроусилителя и рулевого привода.

5. Тормозная система служит для обеспечения безопасности движения в карьерах и состоит из рабочего тормоза с ножным управлением, стояночного тормоза и вспомогательного тормоза — замедлителя.

В качестве рабочего тормоза используются колесные колодочные тормоза с пневматическим приводом, обладающие достаточной надежностью. По опыту эксплуатации эффективность рабочего тормоза является удовлетворительной при тормозном пути 20 м, скорости 40 км/ч и среднем замедлении $4,4 \text{ м/с}^2$.

С ростом грузоподъемности машин становится необходимым переход к гидравлическому и электрогидравлическому приводам. Стояночный тормоз выполняется в виде фрикционной пары с пневматическим или гидравлическим приводом.

Для безопасной работы на затяжных спусках используется тормоз-замедлитель. Его назначение — поддержание постоянной скорости автомобиля за счет поглощения кинетической энергии.

При использовании электромеханической трансмиссии возможно применение еще одного вида тормоза — электродинамического. В этом случае тяговые двигатели работают в генераторном режиме и вырабатываемая ими энергия поглощается электрическими сопротивлениями.

6. Кузов. Карьерные автосамосвалы имеют кузова в виде металлической платформы, опирающейся на раму автомобиля и разгружающейся подъемом назад. Полуприцепы выполняются с разгрузкой кузова назад, набок или через дно. В последнем случае кузов оборудуется донными люками, закрывающимися секторным затвором.

Подъем платформы и открывание створок осуществляются при помощи гидравлического механизма с дистанционным управлением.

Наиболее распространена V-образная форма кузова, которая обеспечивает снижение высоты машины и центра ее тяжести.

Кузов представляет собой сварную конструкцию, образованную лонжеронами, поперечинами и бортами. Днищем является плита (толщиной у 27—40-тонных самосвалов 18—25 мм). Заднего борта кузова обычно не имеют, их выполняют лишь у машин, предназначенных для перевозки легких материалов, например угля.

§ 2. Автосамосвалы

Автосамосвалы являются основным типом подвижного состава при автотранспорте. Их конструкция должна максимально учитывать особенности работы в карьерах: стесненные условия, короткие расстояния и затяжные подъемы и спуски.

Кузов автосамосвалов опрокидывается обычно назад. Такое решение наиболее простое в конструктивном исполнении, хотя в организационном отношении осложняет работу автомобилей, так как требует дополнительных маневров на отвалах и в пунктах приемки полезного ископаемого.

Конструктивное выполнение самосвалов в значительной мере определяется грузоподъемностью. Одним из показателей степени совершенства конструкции автосамосвалов является коэффициент тары, значение которого снижается с увеличением грузоподъемности машин. Величина коэффициента тары самосвалов грузоподъемностью 27—75 т находится в диапазоне 0,8—0,7.

Из опыта эксплуатации автотранспорта в карьерах установлено, что наилучшее использование по времени экскаваторов и самосвалов обеспечивается только при определенных соотношениях объема экскаваторного ковша и объема кузова машины. Экскаваторы используются лучше при их совместной работе с большегрузными автосамосвалами, когда число операций по обмену машин наименьшее. Рациональное отношение объема кузова Машины к объему ковша экскаватора изменяется в зависимости от типа экскаватора, грузоподъемности машин и длины откатки в диапазоне 4—10.

На отечественных карьерах в настоящее время применяются автосамосвалы Белорусского автозавода грузоподъемностью 27, 40 и 75 т. Дальнейшее развитие самосвалов типа БелАЗ ориентировано на создание самосвалов грузоподъемностью 110 и 180 т (табл. 14).

Т а б л и ц а 1 4

Характеристика автосамосвалов Белорусского и Кременчугского автомобильных заводов

| Показатели | Тип автомобиля | | | | | |
|---|----------------|-------------------|-----------|---------------------|------------|------------|
| | КрАЗ-256 | БелАЗ-540 | БелАЗ-548 | БелАЗ-549 | БелАЗ-7519 | БелАЗ-7521 |
| Грузоподъемность, т | 10 | 27 | 40 | 75 | 110 | 180 |
| Колесная формула | 6×4 | 4×2 | 4×2 | 4×2 | 4×2 | 4×2 |
| Масса груза в снаряженном состоянии, т | 11,4 | 21 | 28 | 55 | 85 | 120 |
| База, мм | 4780 | 3550 | 4200 | 4200 | 5300 | 6500 |
| Габариты, мм: | | | | | | |
| длина | 8 190 | 7 250 | 8 120 | 9 700 | 11 000 | 13 200 |
| ширина | 2 650 | 3 480 | 3 780 | 4 900 | 6 100 | 7 400 |
| высота | 2 760 | 3 380 | 3 780 | 4 400 | 5 000 | 5 750 |
| Мощность двигателя, л. с. | 240 | 360 или 375 | 500 | 950 | 1 300 | 2100—2300 |
| Наибольшая скорость, км/ч | 62 | 55 | 55 | 60 | 50 | 52,5 |
| Объем кузова, м ³ | 8,0 | 15 | 21 | 41 | 45 | 90 |
| Радиус поворота по колею переднего внешнего колеса, м | 10,5 | 8,5 | 10 | 9,0 | 12 | 15 |
| Размер шин | 120—20 | 18.00.25 | 21.00—33 | 27.00—49 | 33.00—51 | 40.00—57 |
| Тип трансмиссии | Механическая | Гидромеханическая | | Электромеханическая | | |

Автосамосвал КрАЗ-256 грузоподъемностью 10 т Кременчугского завода имеет три оси (ведущими являются две задние оси), обладает высокой проходимостью и требует радиуса закруглений 8 м. Имеет кузов объемом 8 м³, с фальшбортами — 10 м³. Применение самосвала КрАЗ-256

допустимо при работе с экскаваторами с ковшем объемом 1—2 м³. Это высокоскоростная машина (максимальная скорость 62 км/ч).

Самосвал КрАЗ-251 представляет собой улучшенную модификацию 10-тонного самосвала. За счет снижения собственного веса машины грузоподъемность ее увеличена до 12 т.

Особенностью семейства большегрузных автомобилей, создаваемых Белорусским заводом, является то общее, что создаются они на основе максимальной унификации агрегатов, позволяющей организовать поточное производство ряда наиболее сложных узлов (гидромеханических передач, карданных валов, подвесок, радиаторов и др.) и облегчить обслуживание и ремонт машин, снабжение их запасными частями.

Конструкция автосамосвала БелАЗ-540 (рис. 63) грузоподъемностью 27 т имеет много особенностей, присущих машинам этого ряда. В основе это двухосный короткобазный самосвал с приводом на заднюю ось. Для уменьшения общей длины самосвала с целью повышения его маневренности компоновка выполнена с одноместной кабиной, расположенной рядом с двигателем, что, кроме того, обеспечивает удобный доступ к двигателю и улучшает обзор с места водителя.



Рис. 63. Автосамосвал БелАЗ-540

Сокращение длины машины при высоком расположении центра тяжести вызывает нежелательные колебания машины, для борьбы с которыми применен V-образный кузов (с наклоном передней стенки вперед). Центр тяжести машины при этом значительно понижается. Кузов имеет защитный козырек над кабиной водителя.

Геометрический объем кузова (15 м³) обеспечивает при перевозке наиболее распространенных грузов максимальное использование грузоподъемности машины. Расчет объема произведен на величину объемного веса перевозимого груза — 1,75 т/м³. В этом случае при погрузке «с шапкой» обеспечивается перевозка с максимальным использованием грузоподъемности вскрышных пород с объемным весом в разрыхленном состоянии около 1,5 т/м³.

При выборе формы кузова в плане стремились приблизиться к квадрату, так как эта форма обеспечивает минимальные затраты времени машиниста экскаватора на наведение ковша над центром кузова самосвала.

Для обеспечения плавности хода и повышения скорости движения передняя ось и задний мост самосвала БелАЗ-540 подвешены на четырех пневмогидравлических цилиндрах (два цилиндра на переднюю ось и два на задний мост). Цилиндры передней и задней подвески отличаются только длиной.

Подъем кузова осуществляется с помощью гидравлического подъемного механизма и дистанционным управлением. В подъемном механизме используются два трехзвенных телескопических цилиндра.

Для перевозки угля на базе самосвала БелАЗ-540 создан углевоз БелАЗ-7510 с увеличенным объемом кузова до 19 м³ (при загрузке «с шапкой» до 24 м³). Достигается это благодаря расширению кузова, увеличению погрузочной высоты на 200—300 мм и введению заднего борта, открываемого из кабины водителя пневматическим приспособлением. Центр тяжести машины по сравнению со стандартным вариантом повышается на 200—250 мм, что, однако, на эксплуатационных качествах не отражается. Собственный вес машины при этом остается прежним, так как увеличение габаритов кузова компенсируется некоторым уменьшением толщины пола и бортов кузова.

Автосамосвал БелАЗ-548 (рис. 64) грузоподъемностью 40 т создается на основе максимальной унификации агрегатов. Поэтому в конструктивном* отношении он имеет много общего с базовой моделью ряда — самосвалом БелАЗ-540.

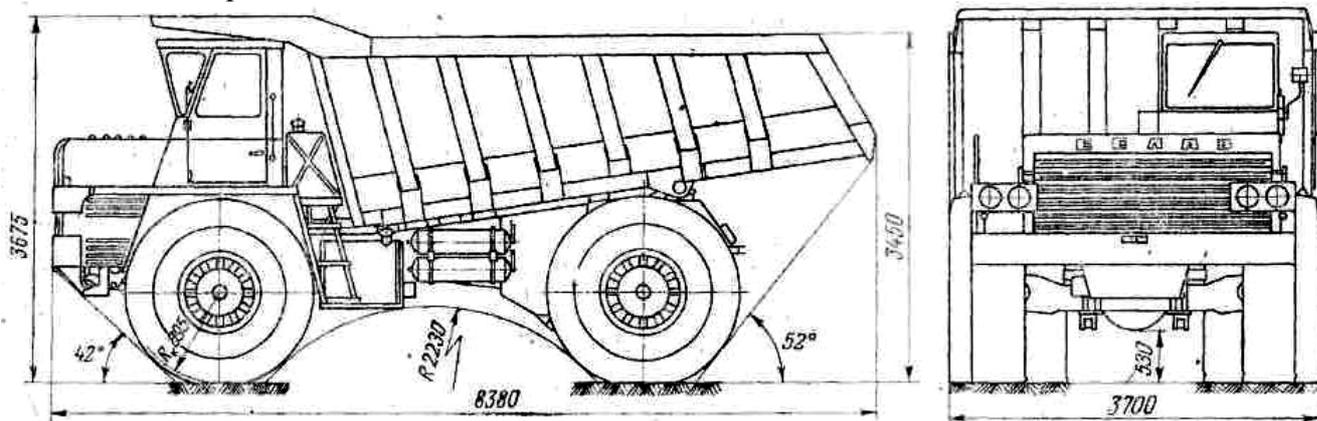


Рис. 64. Автосамосвал БелАЗ-548

Геометрический объем кузова составляет 21 м^3 . На самосвале установлен дизель ЯМЗ-240Н мощностью 500 л.с, удельная мощность равна 7,5 л. с./т. Гидромеханическая передача применена та же, что и на 27-тонном самосвале, конструктивно изменен лишь согласующий редуктор.

Подвеска самосвала БелАЗ-548 выполнена на шести пневмогидравлических цилиндрах (два цилиндра на переднюю ось и четыре на задний мост).

В механизме подъема кузова использованы два четырехзвенных телескопических цилиндра.

На базе самосвала БелАЗ-548 создан углевоз БелАЗ-7525 грузоподъемностью 40 т. Объем кузова увеличен до 33 м^3 за счет его расширения до 4100 мм, увеличения погрузочной высоты на 400 мм и введения заднего борта.

Автосамосвал БелАЗ-549 (рис. 65) грузоподъемностью 75 т представляет собой следующую модель типового ряда карьерных автомобилей типа БелАЗ. Мощность дизеля на самосвале 900 л.с, объем кузова 41 м^3 .

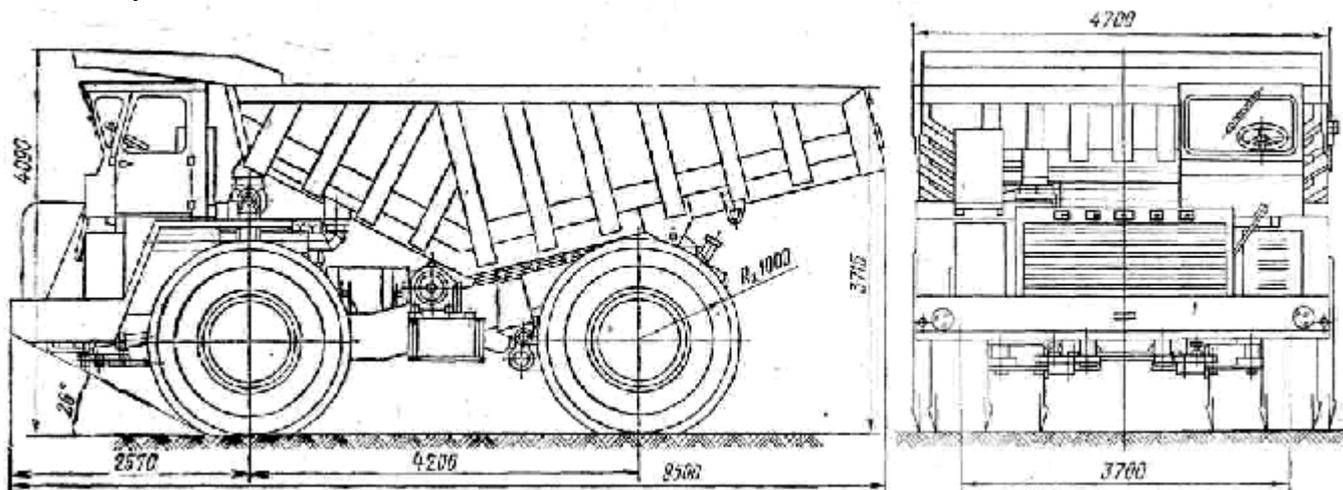


Рис. 65. Автосамосвал БелАЗ-549

Главным отличием этой машины от предшествовавших ей является применение электро-механической трансмиссии: тяговый генератор питает электроэнергией постоянного тока два тяговых двигателя, встроенных в ободья задних колес (мотор-колеса МК-40).

Для повышения устойчивости и маневренности этих машин они выполнены с независимой подвеской каждого из четырех колес.

§ 3. Полуприцепы

Наряду с созданием самосвалов развитие отечественного и зарубежного автотранспорта происходит по пути создания тягачей с полуприцепами.

В качестве тягача используется одна из базовых моделей самосвала соответствующей мощности. В связи с увеличением грузоподъемности полуприцепа сравнительно с вариантом самосвала значения его удельной мощности несколько снижаются. Это обычно ограничивает применение полуприцепов относительно легкими условиями работы.

По конструктивному исполнению полуприцепы разделяются на три типа: с разгрузкой назад, через дно и с опрокидыванием кузова набок.

В отечественной практике получили распространение полуприцепы двух первых типов.

Полуприцепы с задней разгрузкой разработаны Белорусским автозаводом на базе 27-, 40- и 75-тонных самосвалов (табл. 15).

В виде полуприцепа с задней разгрузкой на Белорусском заводе были созданы образцы троллейвоза БелАЗ-524-792 грузоподъемностью 65 т (рис. 6б), состоящего из седельного тягача с электрической трансмиссией и полуприцепа с моторизованными колесами. Машина может работать как от контактной сети через штанговые токоприемники, так и от собственной дизель-генераторной установки. На подъеме 120 ‰ троллейвоз развивает скорость 19 км/ч. Испытания показали, что управление машиной простое. Весьма эффективным оказалось электродинамическое торможение. При его применении колесными тормозами приходится пользоваться в немногих случаях.

Т а б л и ц а 15

Характеристика полуприцепов Белорусского автозавода

| Технические данные | Тягач БелАЗ-548В | | Тягач БелАЗ-549В | |
|---|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| | Полуприцеп с задней разгрузкой | Полуприцеп с донной разгрузкой | Полуприцеп с задней разгрузкой | Полуприцеп с донной разгрузкой |
| Грузоподъемность, т | 65 | 65 | 120 | 120 |
| Колесная формула | 6×2 | 6×2 | 6×2 | 6×4 |
| Масса, т | 39,8 | 42,8 | 116 | 85 |
| Коэффициент тары | 0,6 | 0,65 | 0,97 | 0,7 |
| База тягача, мм | 4200 | 4200 | 4200 | 4200 |
| База полуприцепа, мм | 5670 | 8900 | 540 | 10500 |
| Колея передних колес тягача, мм | 2600 | 2800 | 2490 | 2490 |
| Колея прицепа, мм | 2510 | 2510 | 2490 | 2490 |
| Габариты, мм: | | | | |
| длина | 12540 | 12465 | 13950 | 18750 |
| ширина | 4000 | 3770 | 5230 | 5300 |
| высота | 3950 | 4400 | 3800 | 4700 |
| Мощность двигателя, л. с. | | 500 | 950 | 1300 |
| Максимальная скорость, км/ч | | 50 | | 55 |
| Геометрический объем кузова, м ³ | 34 | 59 | – | 100 |
| Наименьший радиус поворота, м | 10 | 10 | – | 14 |
| Размер шин | | 21.00–33 | | 27.00–49 |

При транспортировании угля относительно малый объемный вес полезного ископаемого предопределяет большой объем кузова транспортных средств. Увеличение же объема кузова самосвалов обычных конструкций с задней разгрузкой приводит, к значительному снижению устойчивости автомобиля. С созданием углевозов в виде полуприцепа становится рациональной донная разгрузка кузова.

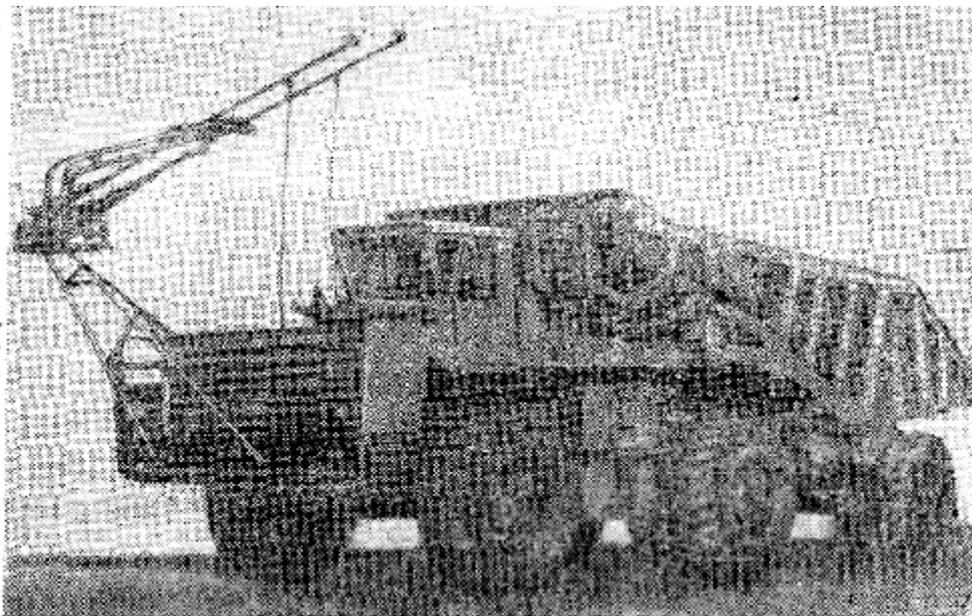


Рис. 66. Троллейвоз БелАЗ-524-792

Такое направление получает развитие при создании углевозов большой грузоподъемности. На базе автосамосвала БелАЗ-548 создан автопоезд-углевоз БелАЗ-7425-9490 грузоподъемностью 65 т с колесной формулой 6×2. Опыт эксплуатации углевоза подтвердил его хорошие эксплуатационные качества и высокие технико-экономические показатели при работе в относительно легких условиях при уклонах автодорог до 50—60 %.

На базе 75-тонного самосвала создан автопоезд-углевоз грузоподъемностью 120 т (рис. 67). Его особенностью является колесная формула — 6×4. С применением электромеханической трансмиссии стало возможным сделать ведущими, четыре колеса (задние колеса тягача и колеса полуприцепа) и, следовательно, повысить тягово-эксплуатационные качества автомобиля, который в силу этого способен двигаться по уклонам 70—80 %.

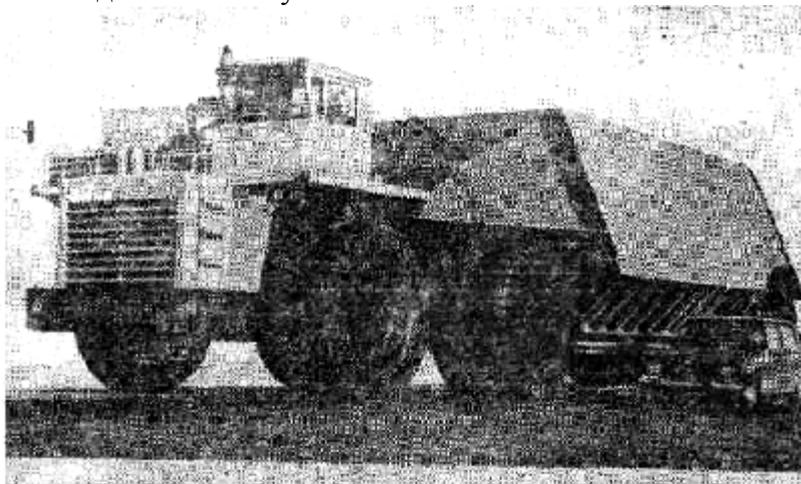


Рис. 67. Автопоезд-углевоз грузоподъемностью 120 т

ГЛАВА 9. ТЯГОВЫЕ РАСЧЕТЫ ПРИ АВТОТРАНСПОРТЕ

В основу тяговых расчетов автотранспорта, как и при рельсовом транспорте, положено определение всех сил, действующих на подвижной состав при его движении.

§ 1. Сила тяги

У автомобиля различают значения индикаторной, касательной и полезной сил тяги.

Индикаторной называют силу тяги, развиваемую в цилиндрах двигателя и определяемую диаметром цилиндров, ходом поршня, степенью сжатия горючей смеси и т. п.

Касательной называют силу тяги на движущих колесах. Касательная сила равна индикаторной за вычетом потерь в движущем и передаточном механизмах.

Полезной называют силу тяги на крюке автомашины. Полезная сила тяги равна касательной за вычетом сил сопротивления движению самого автомобиля.

В тяговых расчетах для практических целей пользуются значением касательной силы тяги.

Касательная сила тяги $F_k(H)$, регулируемая изменением подачи топлива в цилиндры и изменением передаточного числа коробки передач, при известной мощности может быть определена из выражения

$$F_k = \frac{3600N}{v} \eta_n \eta_k$$

где N — мощность двигателя, кВт;

η_n — к. п. д. передачи от вала двигателя к движущим колесам (при механической передаче $\eta_n = 0,85 \div 0,93$; при гидромеханической передаче $\eta_n = 0,8 \div 0,85$ и электромеханической трансмиссии $\eta_n = 0,8 \div 0,9$);

η_k — к. п. д. ведущего колеса, равный $0,7—0,85$.

Наибольшее значение тягового усилия F_{max} (Н) ограничивается условиями сцепления движущих колес с дорожным полотном:

$$F_{max} \leq 1000P_{сц}\psi,$$

где $P_{сц}$ — сцепной вес автомашины, т. е. вес, приходящийся на движущие колеса, кН. Приближенно для автосамосвалов с колесной формулой 4×2 $P_{сц} = 0,7 P$, для полуприцепов с колесной формулой 6×2 $P_{сц} = 0,4 P$, для полуприцепов с колесной формулой 6×4 $P_{сц} = 0,6 P$ (P — полный вес машины, кН);

ψ — коэффициент сцепления.

| | Сцепной вес самосвалов (кН) | | | | |
|-----------|-----------------------------|---------|-----------|-----------|-----------|
| | КраЗ-256 | МАЗ-525 | БелАЗ-540 | БелАЗ-548 | БелАЗ-549 |
| Самосвал: | | | | | |
| порожный | 76 | 125 | 108.6 | 148 | 293 |
| груженный | 169 | 314 | 324 | 454 | 880 |

Величина коэффициента сцепления зависит главным образом от типа дорожного покрытия и его состояния (табл. 16). На дорогах, покрытых снегом, коэффициент сцепления снижается до $0,2—0,3$, а при гололеде — до $0,18—0,24$.

Т а б л и ц а 16

Значение коэффициента сцепления

| Тип дороги | Коэффициент сцепления ψ при дорожном покрытии | | |
|---|--|---------|--------------|
| | сухом | мокрое | загрязненном |
| <i>Главные откаточные дороги</i> | | | |
| Щебеночное шоссе с поверхностной обработкой | 0,75 | 0,5 | 0,4 |
| Бульжная мостовая | 0,7 | 0,4 | 0,35 |
| Брусчатая мостовая | 0,65 | 0,4 | 0,3 |
| Асфальтовое шоссе | 0,7 | 0,4 | 0,25 |
| Асфальтобетонное и бетонное шоссе | 0,7 | 0,45 | 0,3 |
| <i>Забойные и отвальные дороги</i> | | | |
| Забойные укатанные проезды | 0,6 | 0,4—0,5 | — |
| Отвальные укатанные проезды | 0,4—0,5 | 0,2—0,3 | — |

§ 2. Силы сопротивления движению

Сила суммарного сопротивления движению автомобиля

$$W = W_o + W_i + W_e + W_j + W_k$$

где W_o — основное сопротивление движению на прямом горизонтальном участке, вызываемое трением в подшипниках и деформацией шин и дорожного полотна в процессе качения колес, Н:

$$W_o = \omega_o P$$

(ω_o — коэффициент сопротивления качению, Н/кН, табл. 17);

W_i — сопротивление от уклона (Н), определяемое по формуле

$$W_i = \omega_i P$$

(ω_i — удельное сопротивление от уклона, численно равное числу тысячных уклона, Н/кН);

Т а б л и ц а 17

Значение основного сопротивления движению ω_o *

| Дороги | Покрытие | ω_o , Н/кН |
|---------------------------|--|-------------------|
| Главные откаточные | Бетонное, асфальтобетонное, гудронированное шоссе, брусчатка | 15—20 |
| | Гравийное | 25—30 |
| | Щебеночное | 25—40 |
| Забойные дорожные проезды | На скальных породах | 40—60 |
| | На рыхлых породах | 60—100 |
| Отвалы дорожные проезды | На скальных породах | 90—150 |
| | На рыхлых породах | 120—200 |

* Приведенные значения ω_o относятся к грузовым самосвалам, для порожних машин эти значения увеличиваются на 20—25 %.

W_e — сила сопротивления воздушной среды, Н (учитывается в расчетах при скорости движения более 15 км/ч), находится из выражения

$$W_e = \lambda_n F v^2$$

(λ_n — коэффициент, учитывающий обтекаемость автомобиля, для карьерных автосамосвалов $\lambda_n = 5,5 \div 7,0$; F — лобовая поверхность автомобиля: для БелАЗ-540 — 10,2 м², БелАЗ-548 — 11,6 м², БелАЗ-549 — 17,2 м², приближенно определяется как произведение колесной базы автомобиля на его высоту; v — скорость движения, км/ч);

W_j — сила сопротивления, вызываемого инерцией вращающихся масс автомобиля, находится по формуле

$$W_j = \frac{P}{g} (1 + \gamma) \frac{dv}{dt}$$

(γ зависит от типа трансмиссии. Для автомобилей с гидромеханической передачей в режиме движения с грузом $\gamma = 0,03 \div 0,01$, в порожняковом $\gamma = 0,085 \div 0,07$. Для самосвалов БелАЗ-549 с электромеханической трансмиссией $\gamma = 0,1 \div 0,15$);

W_k — сопротивление на кривой, Н, определяется по формуле

$$W_k = 0,03 \frac{200 - R}{200} R,$$

где R — радиус кривой, м.

При достаточно больших радиусах поворота

$$W_k = (0,05 \div 0,08) W_i$$

§ 3. Уравнение движения при автотранспорте

Уравнение движения служит для решения задач, связанных с установлением скорости движения и времени хода на отдельных участках, пути, условиями и результатами торможения машин, весом прицепов и т. п.

Исходными данными для составления уравнения движения в этом случае являются те же, что и при рельсовом транспорте.

Движение автомашины происходит за счет энергии двигателя, которая расходуется на преодоление сил сопротивления и на повышение скорости движения.

Характер движения автомобиля определяется величиной и направлением равнодействующей

щей силы. Взаимодействие сил изображено на тяговой диаграмме автомобиля (рис. 68), где помещены зависимости силы тяги и сил сопротивления от скорости движения.

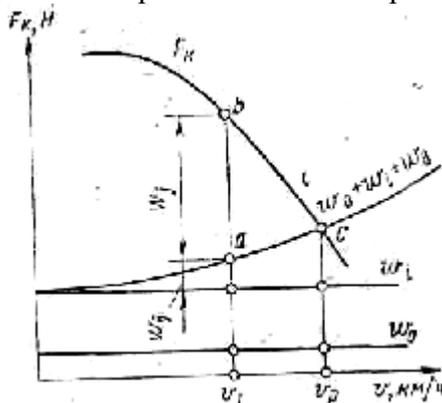


Рис. 68. Тяговая диаграмма автомобиля

В каждый момент движения соотношение действующих сил можно представить в виде

$$F_k = W_o \pm W_i + W_e \pm W_j + W_k$$

Точка *a* пересечения линии силы тяги с линией суммарного сопротивления движению определяет равномерную скорость движения v_p машины на данном участке пути. При всех скоростях; меньших v_p , машина движется с ускорением, а при скоростях, больших v_p , равнодействующая сила отрицательна и автомобиль движется с замедлением.

Перегруппировав величины, входящие в формулу" баланса действующих сил, получим

$$F_k - W_e = W_o \pm W_i \pm W_j + W_k$$

где W_j — часть тягового усилия, расходуемого на ускорение движения машины.

Таким образом, разность $F_k - W_e$ представляет собой тяговое усилие, которое может быть использовано для преодоления суммарного сопротивления в данных дорожных условиях. Поэтому уравнение движения при автотранспорте принимает вид

$$\frac{F_k - W_e}{P} = w_0 \pm i \pm j,$$

где P — полный вес машины (для полуприцепов и прицепов, включая вес прицепной части), кН;

j — относительное ускорение (замедление), т. е. ускорение (замедление) автомобиля, отнесенное к ускорению свободного падения с учетом коэффициента инерции вращающихся масс,

$$j = \frac{(1+g)a}{g} 1000 = 102(1+g)a,$$

где a — ускорение (замедление) автомобиля, m/c^2 .

Избыточную силу тяги (левая часть уравнения движения), отнесенную к единице веса подвижного состава, называют динамическим фактором:

$$\frac{F_k - W_e}{P} = D; \quad D = w_0 \pm i \pm j.$$

В зависимости от режима движения возможны следующие частные случаи:

1) при равномерном движении, когда $j = 0$,

$$D = w_0 \pm i;$$

2) при движении под уклон с работающим двигателем

$$D = w_0 - i \pm j;$$

относительное ускорение $j = D - w_0 + i$;

3) движение по инерции с включенным двигателем (выбег); в этом случае $F_k = 0$, тогда

$$-\frac{W_e}{P} = w_0 - i \pm j;$$

относительное ускорение

$$j = i - w_0 - \frac{W_e}{P}$$

может быть при этом положительным и отрицательным в зависимости от уклона автодоро-

ги;

4) движение при торможении; в этом случае уравнение движения

$$\frac{-B - W_6}{P} = w_0 - i + j;$$

(B — тормозная сила автомобиля, кН) и относительное ускорение становится отрицательным, т. е.

$$-j = \frac{B + W_6}{P} - i + w_0;$$

Величина тормозной силы B ограничивается условиями сцепления колес с полотном дороги, т. е. пределом, выше которого начинается движение юзом. Во избежание этого должно быть соблюдено условие $B \leq P_{cu}\psi$, где P — тормозной вес автомобиля, или вес, приходящийся на тормозные колеса самосвала (полуприцепа, прицепа). Тогда, пренебрегая сопротивлением воздушной среды, имеем

$$-j = \gamma - i + w_0$$

Величина динамического фактора ограничивается условием сцепления колес с полотном дороги

$$D_{\max} \leq \frac{F_{\max} - W_6}{P}$$

или

$$D_{\max} \leq \frac{P_{cu}}{P} \gamma - \frac{W_6}{P}$$

С изменением загрузки машины (груженный или порожний режим движения) меняется величина динамического фактора.

Если при весе P_{cp} динамический фактор равен D_{cp} , то при весе P_{nop} динамический фактор

$$D_{nop} = \frac{D_{cp}}{b},$$

$$\text{где } b = \frac{P_{nop}}{P_{cp}}.$$

Зависимость динамического фактора D от скорости движения автомобиля графически выражается тяговой, или (как принято для автотранспорта) динамической, характеристикой (рис. 69). Выражая зависимость избыточного тягового усилия от скорости и пользуясь динамической характеристикой, можно решать все практические задачи, связанные с движением автомобилей, в том числе:

- определение наибольшей равномерной скорости движения по известному динамическому фактору (откладывая его на оси ординат);
- установление наибольшего сопротивления, которое автомобиль может преодолеть на данной передаче;
- определение наибольшего подъема пути по величине динамического фактора

$$i_{\max} = D_{\max} - w_0 - j.$$

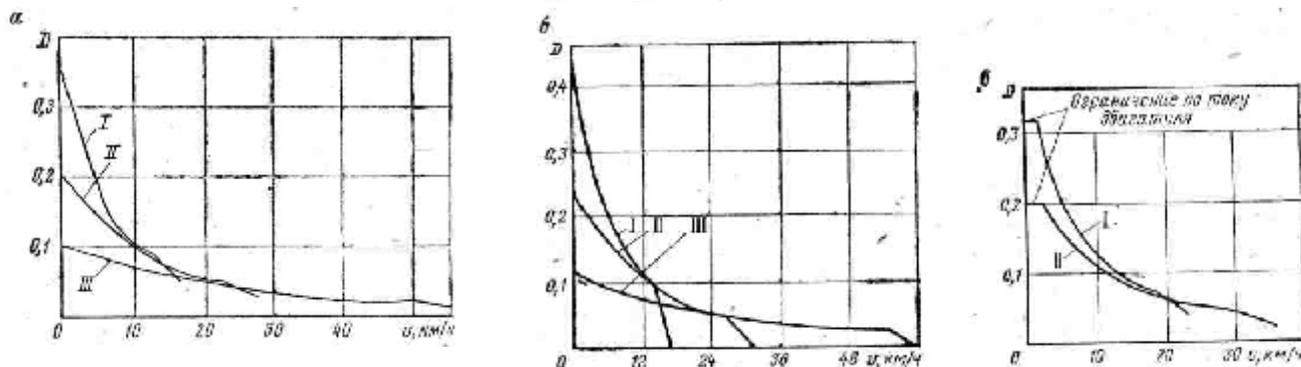


Рис. 69. Динамическая характеристика самосвалов:
а — БелАЗ-540; б — БелАЗ-548; в — БелАЗ-549; I, II, III — передачи

Величина предельного подъема автодорог ограничивается обычно скоростью движения и условиями сцепления с дорогой в неблагоприятных климатических условиях. Скорость движения

важна при этом потому, что с увеличением подъема сильно уменьшается ее значение и сокращается производительность автотранспорта. Поэтому обычно, как предельную рекомендуют величину уклона, гарантирующего безопасную работу автотранспорта. По этим условиям подъемы в грузовом направлении не превышают, как правило, 70—80 % и лишь в исключительных случаях (времененно) достигают 120 %. Уклоны в порожняковом направлении обычно принимаются 120—150 %.

§ 4. Тяговые расчеты

1. Вес автопоезда. При движении одиночной машины (например, самосвала или полуприцепа) ее вес определяется грузоподъемностью и весом тары. При работе прицепов полный вес прицепной части Q_n (Н) определяется по формуле

$$Q_n = \frac{F_k - P(w_o \pm i)}{w_o \pm i}.$$

Здесь удельные основные сопротивления движению тягача и прицепных единиц приняты равными из условия одинакового устройства ходовых частей.

2. Расчет тормозного пути. При возникновении тормозной силы в результате прижатия колодок к тормозным барабанам автомобиля кинетическая энергия движущейся машины поглощается работой сил сопротивления:

$$\frac{P(v_n^2 - v_k^2)}{2 \cdot 3,6^2 g} = (B + W_o \pm W_i)L_m.$$

Это уравнение составлено без учета сопротивления воздушной среды и при допущении, что тормозная сила остается постоянной и равной среднему значению в интервале скорости от v_n до v_k .

Учитывая, что величина тормозной силы ограничивается условиями сцепления (см. § 3), и переходя к удельным величинам действующих сил, определяем путь торможения (м):

$$L_m = \frac{(1+g)v^2}{2 \cdot 3,6^2 g(\gamma + w_o \pm i)} = \frac{(1+g)v^2}{254(\gamma + w_o \pm i)}.$$

Учитывая неодинаковую точность регулирования тормозов, величину расчетного коэффициента сцепления здесь следует уменьшать на 5 %.

Для определения полного тормозного пути необходимо учесть путь, проходимый за время реакции водителя (0,4—0,7 с).

3. Скорость и время движения автомашин. Скорость движения является одним из важнейших эксплуатационных показателей, так как определяет время движения по отдельным участкам пути и время полного оборота самосвала или полуприцепа.

Применительно к автотранспорту различают конструктивную, техническую и эксплуатационную скорость движения.

Конструктивная скорость — наибольшая допустимая скорость, которую автомобиль способен развивать с полной нагрузкой на горизонтальном участке дороги.

Техническая скорость — отношение длины данного участка дороги ко времени его прохождения автомобилем. Пользуются также понятием технической скорости за время движения отдельно в грузовом или порожняковом направлении либо в обоих направлениях вместе.

Эксплуатационная скорость — отношение длины пройденного пути к общему времени, затраченному на движение и остановки для погрузки, разгрузки и т. п.

При тяговых расчетах автотранспорта пользуются значениями технической скорости движения.

При отсутствии динамических характеристик можно пользоваться средними значениями технических скоростей движения по различным участкам дороги (рис. 70). Фактические значения технической скорости для самосвалов БелАЗ-540, БелАЗ-548 и БелАЗ-549 приведены в табл. 18.

Техническая скорость самосвалов

| Характер участка движения | БелАЗ-540 | | БелАЗ-548 | | БелАЗ-549 | |
|---|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|
| | груженный | порожний | груженный | порожний | груженный | порожний |
| Магистральная дорога на поверхности: | | | | | | |
| щебеночная | 32 | 42 | 32 | 38 | 30 | 42 |
| бетонная | 45 | 48 | 38 | 47 | 34 | 48 |
| Магистральный выезд из карьера с бетонным покрытием при: | | | | | | |
| <i>i</i> = 20‰ | 30 | 50 | 25 | 49 | 24 | 48 |
| <i>i</i> = 80‰ | 18 | 35 | 16 | 34 | 16 | 32 |
| Магистральный выезд из карьера со щебеночным покрытием при: | | | | | | |
| <i>i</i> = 20‰ | 20 | 50 | 20 | 48 | 18 | 48 |
| <i>i</i> = 80‰ | 14 | 30 | 14 | 30 | 14 | 30 |
| Временные дороги: | | | | | | |
| в забое | 13 | 14 | 11 | 14 | 12 | 14 |
| на отвале | 17 | 19 | 16 | 18 | 14 | 16 |

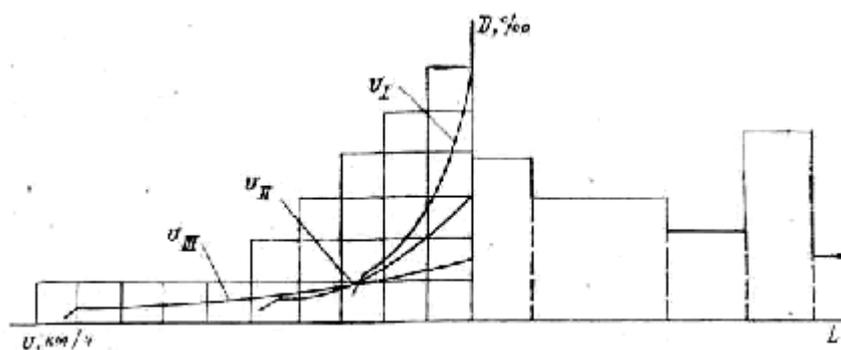


Рис. 70. Схема к определению скорости движения автомашин

При движении по кривым участкам дороги следует учитывать необходимость снижения скорости до значения, безопасного по условию заноса автомашины,

$$v_{без} = 3,6\sqrt{gR(f_{ск} \pm i_s)},$$

где R — радиус поворота, м;

$f_{ск}$ — коэффициент бокового скольжения, равный 0,30—0,45;

i_s — поперечный уклон виража, принимаемый равным 0,02—0,06.

По известным значениям скорости движения на отдельных участках определяется время движения автомашины в течение рейса

$$t_{дв} = \sum t_{гр} + \sum t_{пор} = 60 \left(\sum \frac{l_{гр}}{v_{гр}} + \sum \frac{l_{пор}}{v_{пор}} \right)$$

где $\sum t_{гр}$ и $\sum t_{пор}$ — суммарное время движения автомобиля соответственно в грузовом и порожняковом направлении.

Расчет ведется последовательно для всех участков откаточного пути.

При укрупненных расчетах пользуются значениями приведенной технической (среднетехнической) скорости $v_{м.пр}$, определяемой из выражения

$$v_{м.пр} = \frac{l_{гр} + l_{пор}}{t_{дв}} = \frac{2v_{гр}v_{пор}}{v_{гр} + \beta(v_{гр} + v_{пор})},$$

где β — коэффициент использования пробега:

$$b = \frac{l_{zp}}{l_{zp} + l_{nop}}$$

Приведенные технические скорости значительно различаются в отдельные периоды года ввиду изменения состояния карьерных автодорог. При этом разница между значениями скорости в летний и зимний периоды невелика. Разница существенна для переходных — осеннего и весеннего — периодов, когда скорость движения снижается на 23—28 % •

Скорость движения автомашин снижается и в ночное время. Измерение фактических скоростей движения, выполненное в Институте горного дела Минчермета СССР, показало, что скорость груженых машин ночью уменьшается в среднем на 10 %, порожних — на 15%.

4. Расход топлива может быть установлен по фактической работе, затрачиваемой автомобилем на транспортирование груза.

Транспортная работа, а следовательно, и расход горючего, зависят в первую очередь от длины откатки, глубины, с которой поднимается груз, и веса машины. Кроме того, расход топлива зависит от качества дорог, крутизны уклонов, климатических условий, технического состояния автомашин, режима движения и т. д.

По паспортным заводским данным расход топлива на 100 км пробега для самосвала БелАЗ-540 составляет 125 л. Однако часто фактический расход топлива превышает паспортный на 15—25 %. Объясняется это главным образом большой протяженностью забойных и отвальных путей, где расход топлива намного (15—20%) повышается по сравнению с расходом топлива на постоянных дорогах. На 30—40 % возрастает расход топлива при движении по дорожным проездам без покрытия в осенний и весенний периоды.

Расчетный расход топлива (кг) на транспортирование за один рейс автомашины

$$q_p = 0,78 \left[(1 + 2k_m) L \frac{w_o}{1000} + \frac{H(1 + k_m)}{1000} \right] q,$$

где k_m — коэффициент тары автомашины;

L — расстояние транспортирования, км;

w_o — удельное сопротивление движению, Н/кН;

H — глубина подъема горной массы, м;

q — грузоподъемность машины, кг.

Фактический расход топлива (кг)

$$q_\phi = q_p k_3 k_n k_m$$

где k_3 — коэффициент, учитывающий повышение расхода топлива в зимнее время на 10 %;

k_n — расход горючего на внутригаражные нужды (регулировка, обкатка и т. п.), составляет около 6 % расхода топлива на 100 км пробега;

k_m — коэффициент, учитывающий расход топлива на маневры ($k_m = 1,05 \div 1,1$).

Расход смазочных материалов составляет 5—8 % от расходуемого топлива.

ГЛАВА 10. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ АВТОТРАНСПОРТА

§ 1. Схемы движения автотранспорта

Различие горнотехнических условий и систем разработки отдельных месторождений обуславливает различие схем работы автотранспорта в карьерах. При транспортной системе разработки на карьерах угольных, рудных или строительных материалов автотранспорт используется для транспортирования вскрышных пород и полезного ископаемого. При простой или усложненной бестранспортной системе разработки на угольных карьерах автотранспорт используется на перевозках угля.

Схемы движения автотранспорта определяются горнотехническими условиями разработки месторождения, направлением и расстоянием транспортирования вскрышных пород или полезного ископаемого. При этом уклоны дорог в грузовом направлении определяются тяговыми способностями подвижного состава, а радиусы кривых — условиями безопасного движения с наибольшими скоростями.

Расположение автодорог в плане и направление движения по ним определяются способом вскрытия месторождения. С применением автомобильного транспорта связь рабочих горизонтов карьера с поверхностным комплексом осуществляется посредством прямых, спиральных, петлевых и комбинированных съездов.

Прямые съезды (рис. 71) используются при разработке месторождений с горизонтальным или слабонаклонным залеганием пласта или рудного тела, когда карьеры характеризуются значительной длиной при относительно небольшой глубине, а также на нагорных карьерах.

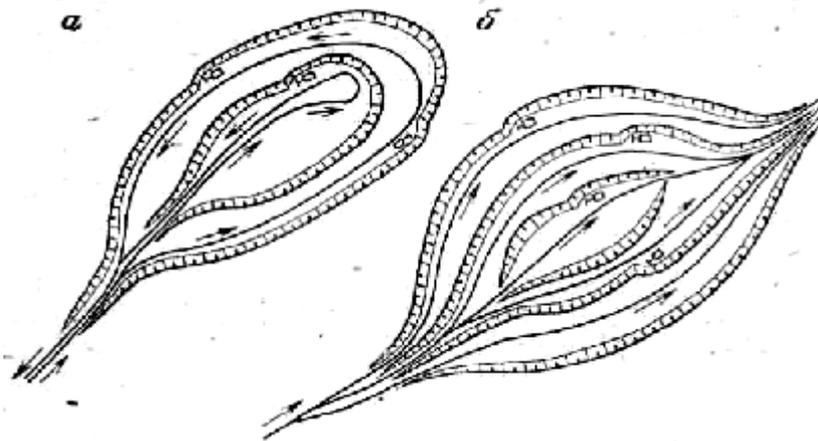


Рис. 71. Прямые съезды при автотранспорте:
а — кольцевые; б — сквозные

Коэффициент развития трассы при этом составляет 1,05—1,12. -

Спиральные съезды (рис. 72) применяют на глубоких карьерах с ограниченными размерами в плане (типичны Сибайский и Сарбайский карьеры). При спиральных съездах допускаются большие радиусы и высокие скорости движения.

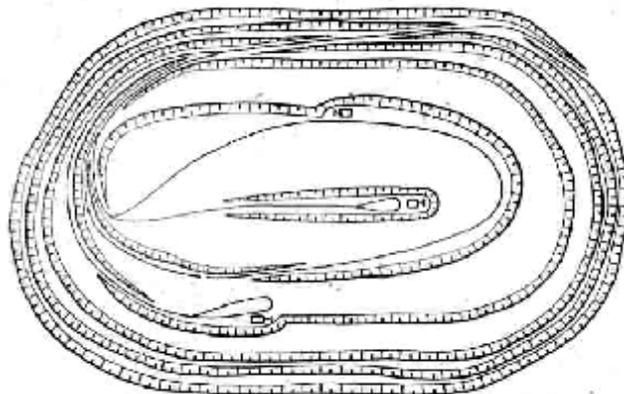


Рис. 72. Спиральные съезды при автотранспорте

Петлевые съезды (рис. 73) применяют при значительной глубине карьера или при разработке месторождений на склоне горы, когда достигнуть заданных отметок не удастся прямым съездом. Соединение отдельных съездов петли производится с помощью круговых кривых или

серпентин (рис. 74).

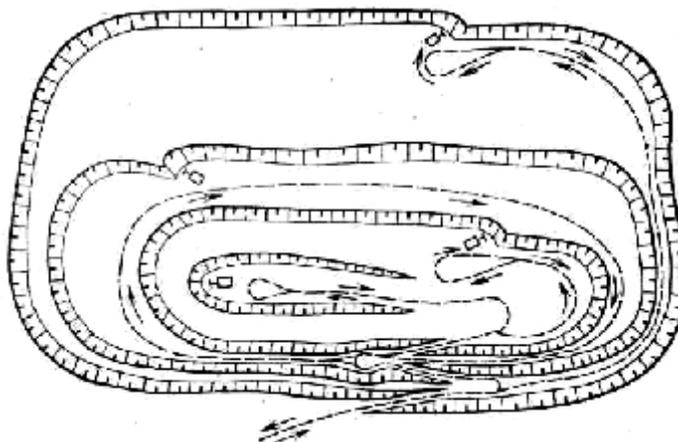


Рис. 73. Петлевые съезды

Длина круговой кривой $a-b-v$ составляет обычно 50—90 м, длина серпентины $z-d-e$ 130—170 м. Тем не менее применение серпентины в ряде случаев необходимо, так как иначе при крутых бортах карьера невозможно безопасное сопряжение прямых участков пути. В результате действительная длина трассы (с учетом смягчения подъемов на кривых участках и участков приыкания к рабочим горизонтам) становится на 20—25 % больше теоретической. На участках соединительных кривых наблюдается заметное снижение скорости движения.

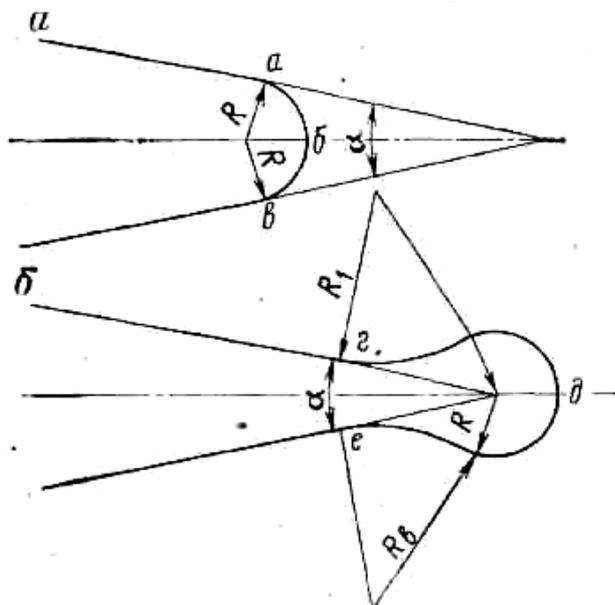


Рис. 74. Сопряжение участков кривой:
 a — круговой кривой; b — серпентиной

Для устойчивости петлевые съезды стремятся располагать на лежащем борту карьера.

Комбинированные съезды используются на большинстве карьеров с автотранспортом. При этом часто спиральная форма заезда переходит в петлевую. Коэффициент развития трассы составляет 1,2—1,3.

§ 2. Управление работой автотранспорта

Эксплуатация автотранспорта в карьерах организуется таким образом, чтобы обеспечивалась бесперебойная работа добычных и вскрышных экскаваторов при соблюдении принятой системы текущего обслуживания и ремонта машин.

Режим работы карьера и автохозяйства совпадают. Обычно это круглосуточная двух- или трехсменная работа при прерывной или непрерывной рабочей неделе. Вместе с тем каждый автомобиль может иметь свой режим работы. Возможны односменный, двухсменный и трехсменный режимы работы автомобиля в карьере.

При односменном режиме работы удается содержать автомобиль в хорошем техническом состоянии. Однако производительность каждого автомобиля становится низкой, возрастает инвентарный парк машин, ухудшаются технико-экономические показатели.

Максимальная производительность автомобилей достигается при трехсменном режиме ра-

боты. Однако это сопровождается, как правило, значительным ухудшением их технического состояния.

Многочисленными исследованиями установлено, что наиболее эффективны двух- и трехсменный режимы работы автомобилей в карьере. При этом обеспечиваются наиболее стабильные показатели работы и улучшается техническое обслуживание.

Для производительного использования оборудования большое значение имеет правильный выбор схем подъезда и установки автомашин у экскаватора.

В зависимости от способа вскрытия месторождения, размеров рабочих площадок и условий работы экскаваторов возможно осуществление сквозного подъезда, подъезда с петлевым разворотом и подъезда с тупиковым разворотом. Однако во всех случаях при выборе схемы Подъезда машин к экскаватору стремятся к сокращению времени на маневр, подачу и смену машин, чтобы на сколько возможно приблизиться к непрерывной подаче их под погрузку.

Сквозные подъезды (рис. 75, а) используют при одностороннем движении машин на уступе. Это возможно тогда, когда с горизонта есть два выезда (кольцевое движение), автомашины движутся при этом поточно, съезжая с магистрали к экскаватору. При значительной ширине заходки машина вынуждена съехать с основного дорожного проезда (рис, 75, б).

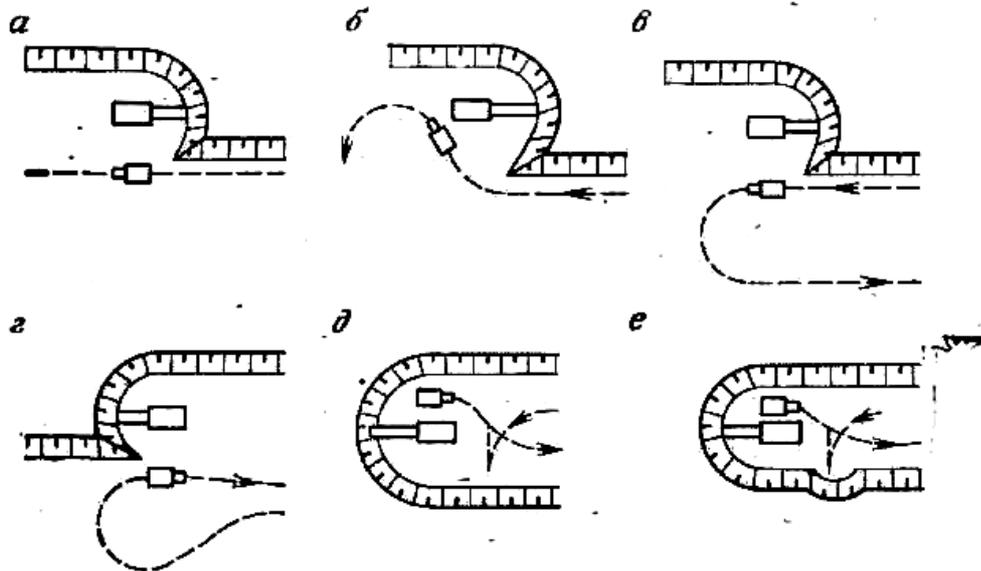


Рис. 75. Схемы подъезда автомашин к экскаватору

Подъезды с петлевым разворотом осуществляются при встречном движении машин на уступе и не требуют сложных маневров (рис. 75, в и г).

Обычно схема с петлевым подъездом обеспечивает - достаточно высокое использование экскаватора. Машины могут следовать одна за другой, и время обмена машин обычно не превышает времени рабочего цикла экскаватора. При этом для уменьшения износа машин движение целесообразно организовать так, чтобы разворачиваться приходилось порожним самосвалам. Установку машин следует производить в позицию, при которой экскаватор работает с наименьшим углом поворота, благодаря чему повышается его производительность.

Подъезды с тупиковым разворотом используются в стесненных условиях, при недостатке места для петлевого разворота машин. Чаще эта схема применяется при проходке траншей (рис. 75, д). При ширине площадки меньше радиуса поворота машин для разворота устраиваются специальные ниши (рис. 75, е).

Основным недостатком схем подъезда с тупиковым разворотом является снижение на 30—35 % производительности средств транспорта.

Опыт эксплуатации автотранспорта в карьерах показывает, что производительность экскаваторов и автомашин во многом зависит от схем установки автомобилей у экскаваторов при погрузке. В зависимости от числа машин, находящихся одновременно под погрузкой, применяют одиночную или спаренную установку машин в забое.

Возможна и различная организация движения автомобилей в карьере. На многих предприятиях приняты прикрепленные группы автосамосвалов за определенным экскаватором (работа по замкнутому циклу). Соответственно организация оперативного управления основывается на фиксированном прикреплении к экскаватору группы машин. Являясь наиболее простой, такая органи-

зация приводит к повышенным простоям как автомашин, так и экскаваторов. Это объясняется задержкой в пути самосвалов или их поломкой, неисправностью экскаваторов или неподготовленностью забоя.

При больших грузооборотах необходимо быстро распределять и перераспределять средства автотранспорта. Это достигается при организации движения по открытому циклу, когда поток автомобилей рассеивается между экскаваторами таким образом, чтобы максимально сократить простои экскаваторов в ожидании транспорта и простои автомашин в очередях к экскаваторам. При такой системе каждая машина, движущаяся в карьере, в определенном пункте на трассе получает назначение к экскаватору.

При работе по замкнутому циклу используется информационная система «Карат», которая предоставляет диспетчеру информацию о ходе погрузочно-транспортных работ в карьере. Критерием управления в этом случае является поддержание заданного качества руды, поступающей на обогатительную фабрику.

Управление производится с помощью специального наборного поля, расположенного на пульте диспетчера. В начале смены самосвалы закрепляют за экскаваторами в соответствии с заранее рассчитанной программой работы карьера на смену, а в ходе работы перезакрепляют по мере изменения производственной ситуации (выход из строя экскаваторов, изменение процентного содержания руды в забоях и т. д.).

При прохождении автосамосвалом контрольного пункта автоматически с помощью датчика и блока опознавания считывается его номер, который дешифратором преобразуется в условный код и поступает на наборное поле.

Система работает в двух независимых режимах: взвешивания (при движении автосамосвала из карьера к пункту отгрузки) и переадресации (при движении порожнего самосвала в карьер).

В других системах управления по закрытому циклу (например, «Искра») перезакрепление самосвалов при появлении отклонений от заданного режима происходит автоматически с помощью ЭЦВМ, без вмешательства диспетчера. Управление производится на основе непрерывного автоматического анализа обеспеченности каждого экскаватора автотранспортом.

При работе в режиме открытого цикла на предприятиях с большим грузооборотом возникает необходимость оптимизировать процесс управления автотранспортом. В этих случаях применяют автоматизированные системы управления экскаваторно-автомобильными комплексами.

Система «Карьер» позволяет оптимизировать грузопотоки, обеспечить равномерную шихтовку руды и максимально сократить простои автосамосвалов в ожидании погрузки. Критерием управления является минимум простоев автотранспорта при условии выполнения каждым экскаватором сменного задания. Работа автоматизированной системы управления «Карьер» производится следующим образом (рис. 76). Система рассчитана на обслуживание комплекса из 12 экскаваторов и 99 самосвалов.

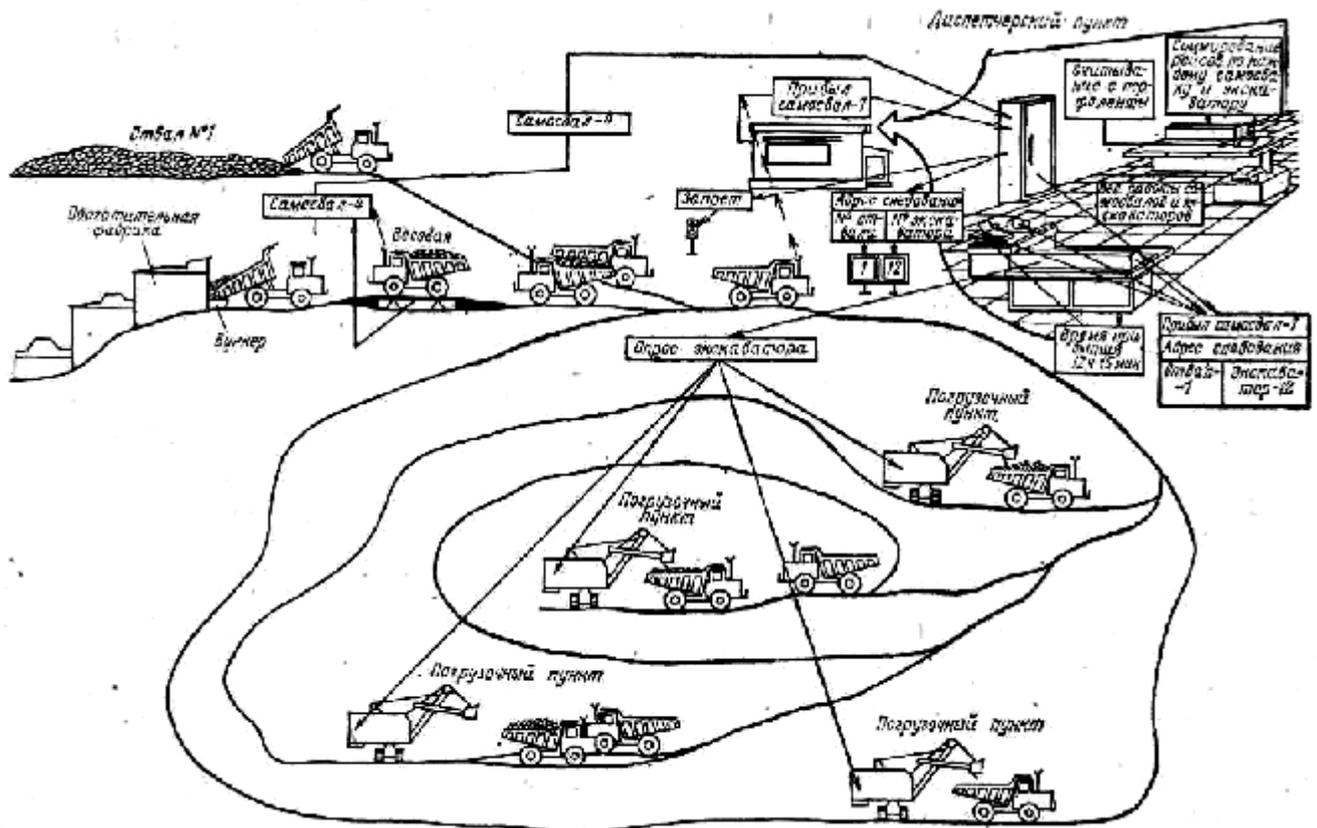


Рис. 76. Схема автоматизированной системы управления «Карьер»

Направление автомобилей к экскаваторам осуществляется автоматически при следующих условиях:

- интервал между автомобилями, следующими к одному экскаватору, должен быть не менее времени погрузки самосвала;
- при отказе экскаватора или задержке в работе (неготовность забоя и т. п.) автомобили к нему не направляются;
- распределение автомобилей к экскаваторам должно соответствовать шихтовому плану.

Самосвал, следующий на погрузку мимо диспетчерского пункта, фиксируется специальным датчиком, подающим сигнал в устройство связи с объектом управляющей вычислительной машины, а также включающим светофор. Сигнал в машину является запросом маршрута следования и запускает программу выбора маршрута. Машина в соответствии с описанным алгоритмом вырабатывает номер экскаватора, к которому должен следовать самосвал. При загорании светофора на световом маршрутном табло обозначается инвентарный номер выбранного экскаватора.

Опознавание самосвала производится по его номеру, а взвешивание груженого автомобиля — автоматически на ходу.

Вся информация о работе автомобиля заносится на перфоленту. Система содержит устройства итоговой печати, предназначенные для обработки в конце смены данных о работе экскаваторов и автосамосвалов.

§ 3. Эксплуатационные расчеты автотранспорта

Эксплуатационными расчетами устанавливаются рациональные технические, технологические и организационные параметры автотранспорта для условий работы экскаваторно-автомобильных комплексов на действующих карьерах.

Время рейса автомобиля

Время рейса (оборота) автомобиля

$$T_p = t_n + t_{cp} + t_{nop} + t_p + t_{дон}$$

где t_n — время погрузки автомашины, мин;

t_{cp}, t_{nop} — время движения груженой или порожней машины, мин;

t_p — время разгрузки машины, мин;

$t_{дон}$ — время, необходимое на маневры при погрузке и разгрузке, мин.

Время погрузки автомашины t_n определяется при прочих равных условиях расчетной вели-

чиной плотности транспортируемого груза.

При $g_p = \frac{g_{nl}}{k_p} > \frac{q_a}{V_a}$ время погрузки определяется грузоподъемностью машины,

при $g_p = \frac{g_{nl}}{k_p} < \frac{q_a}{V_a}$ время погрузки определяется объемом кузова.

В первом случае t_n (мин):

$$t_n = \frac{q_a}{\mathcal{E}_e} = \frac{q_a t_u}{0,9V_k k_n k_p} = \frac{q_a k_p}{0,9V_k k_n g_{nl}} t_u.$$

Во втором случае t_n (мин):

$$t_n = \frac{V_a}{\mathcal{E}_o} = \frac{V_a}{0,9V_k k_n} t_u.$$

В обоих случаях первый сомножитель выражает число ков шей, погруженных в кузов, и поэтому должен быть целым числом.

Здесь: \mathcal{E}_e — техническая производительность экскаватора, т/ч;

\mathcal{E}_o — техническая производительность экскаватора (объемная по рыхлой массе), м³/ч;

t_u — длительность цикла экскаватора, мин;

V_k — вместимость ковша экскаватора, м³;

V_a — объем кузова машины с «шапкой», составляю щей по расчетам 1,15—1,25 геометрического объема кузова;

γ_p и γ_{nl} — плотность транспортируемого груза в рыхлой и плотной массе, т/м³.

Длительность разгрузки машин t_p складывается из времени подъема и опускания кузова. Продолжительность этих операций для самосвала БелАЗ-540 составляет 50 с, время разгрузки большегрузных самосвалов 1,0—1,3 мин. Длительность разгрузки автопоезда-углевоза грузоподъемностью 65 т составляет 35—40 с.

Время маневров неизбежно занимает часть времени рейса. В этом случае время затрачивается на подъезды и установку машин к месту погрузки и разгрузки с необходимым маневрированием. Схемы подъезда к экскаватору и установки машин определяются принятым порядком организации работ, размером рабочих площадок, состоянием дорожных поездов.

Время, затрачиваемое на маневры при различных схемах подъезда

Погрузка, с:

| | | |
|----------|-------|-------|
| сквозная | _____ | 0—10 |
| петлевая | _____ | 20—25 |
| туиковая | _____ | 50—60 |

Разгрузка, с

80—100

Время движения машин в грузовом и порожняковом направлениях

$$t_{cp} + t_{nop} = \left(\frac{60l_{cp}}{v_{cp}} + \frac{60l_{nop}}{v_{nop}} \right) k_{p.z},$$

где l_{cp} и l_{nop} — длина откаточного пути соответственно в грузовом и порожняковом направлении;

v_{cp} и v_{nop} — скорость движения соответственно в грузовом и порожняковом направлении;

$k_{p.z} = 1,1$ — коэффициент, учитывающий разгон и замедление машин при движении.

Эксплуатационные показатели работы автотранспорта

Основными факторами, определяющими себестоимость перевозок автотранспортом, являются производительность автомашин и требуемое их число для освоения перевозок в заданном раз мере. Эти величины, в свою очередь, определяются рядом эксплуатационных показателей.

Коэффициент технической готовности автопарка

$$s_m = \frac{N_p}{N_{cn}},$$

где N_p — число технически исправных автомашин;

N_{cn} — списочное число машин на карьере.

Обычно значение σ_m назначается в пределах 0,7—0,9. Величина σ_m зависит главным образом от организации ремонта, качества подвижного состава и обеспеченности предприятия запас-

ными частями.

Коэффициент использования автопарка

$$S_m = \frac{n_p}{n_x},$$

где n_x — число машино-дней нахождения машин в автохозяйстве;

n_p — число машино-дней работы машин за тот же промежуток времени (час, смена, сутки).

Коэффициент использования автопарка зависит от технического состояния машин и автодорог, а также климатических условий, организации работы экскаваторов, укомплектованности водителями и т. п. При соблюдении основных правил технической эксплуатации $\sigma = 0,7 \div 0,85$. В других случаях величина σ снижается до 0,4—0,6.

Коэффициент использования пробега

$$b = \frac{l_{zp}}{l_{zp} + l_{нор}}.$$

Обычно значение коэффициента β близко к 0,5, хотя в зависимости от конкретных условий работы транспорта может значительно изменяться.

Коэффициент использования грузоподъемности — отношение фактически перевозимого груза к грузоподъемности:

$$k_m = \frac{q_\phi}{q_a}; \quad k_{z.срeдн} = \frac{\sum q_\phi}{\sum r_{zp} q_a},$$

где r_{zp} — число рейсов машины с грузом.

Производительность автотранспорта

Техническая производительность автомобиля $Q_{см}$ (т/смену)

$$Q_{см} = q_a k_z \frac{T_{см}}{T_p},$$

где q_a — грузоподъемность автомобиля, т;

k_z — коэффициент использования грузоподъемности;

$T_{см}$ — длительность смены, ч;

T_p — время рейса (без учета времени ожидания), ч.

Время рейса

$$T_p = \frac{l_{zp} + l_{нор}}{v_{м.нр}} + t_{н.р} = \frac{l_{zp}}{bv_{м.нр}} + t_{н.р};$$

где β — коэффициент использования пробега;

$v_{м.нр}$ — приведенная техническая скорость, км/ч;

$t_{н.р}$ — время погрузочно-разгрузочных операций, ч.

После преобразований получаем

$$Q_{см} = \frac{q_a k_z T_{см} b v_{м.нр}}{l_{zp} + b v_{м.нр} t_{н.р}}.$$

Эксплуатационная производительность

$$Q_{см.э} = Q_{см} k_\epsilon$$

где $k_\epsilon = \frac{T_{см} - T_{нр}}{T_{см}}$ — коэффициент использования сменного времени, равный отношению времени

полезной работы (длительность смены $T_{см}$ за вычетом всех простоев $T_{нр}$) к длительности смены; длительность технологических простоев складывается из простоев экскаватора и автомашины.

Число автомашин

В инженерной практике и при научных исследованиях работы экскаваторно-автомобильных комплексов на действующих, Проектируемых и перспективных карьерах применяются методы установления рабочего парка автомашин, основанные на использовании различных моделей взаимодействия погрузочных и транспортных средств: детерминированных, анали-

тико-вероятностных, имитационных.

В инженерной практике широко применяется традиционный детерминированный метод, согласно которому число автомашин определяется из условия обеспечения требуемого грузооборота карьера при непрерывной работе экскаваторов и ритмичной подаче порожняка в забой.

Число автомашин, обслуживающих один экскаватор,

$$N = \frac{T_p}{t_n} = \frac{t_n + t_{\text{де}} + t_p + t_{\text{дож}}}{t_n} = 1 + \frac{t_{\text{де}} + t_p + t_{\text{дож}}}{t_n}$$

или

$$N = 1 + \frac{(l_{\text{зр}} + t_p b_{v_{m.np}} + t_{\text{дож}} b_{v_{m.лр}})}{b_{v_{m.np}} q_a}$$

Число рабочих машин на экскаватор является фактором, определяющим затраты на авто-транспорт. Число рабочих автомашин зависит от длины откатки, времени технологических простоев и производительности экскаватора. С повышением скорости и увеличением грузоподъемности машин число машин уменьшается. Повышение грузоподъемности автомашин особенно необходимо при разработке карьеров большой грузоподъемности, поскольку упрощает схемы транспорта и заметно снижает эксплуатационные транспортные расходы.

Зная потребное число автомашин на один экскаватор, можно определить рабочий парк машин, необходимых для перевозки заданного объема горной массы по карьере,

$$N_p = \frac{kW}{Q_{\text{см.э}} n},$$

где k — коэффициент неравномерности работы;

W — суточный грузооборот карьера, т;

n — число рабочих смен.

Инвентарный парк автомашин больше рабочего, так как некоторое число автомобилей находится в ремонте:

$$N_{\text{инв}} = \frac{N_p}{\sigma_m},$$

где σ_m — коэффициент технической готовности автопарка.

Общей задачей эксплуатационных расчетов автомобильного транспорта является определение оптимального соотношения между количеством погрузочного и транспортного оборудования, требуемого для выполнения заданного объема работ. Наиболее полно такая задача решается на основе технико-экономического анализа с-учетом вероятностной природы изменения отдельных элементов рейса автомашин и надежности оборудования.

Пропускная способность

Пропускная способность полосы автодороги N_q (автомашин/ч) при движении машин в одном направлении составляет

$$N_q = \frac{60}{kt_m} = \frac{1000v}{kL},$$

где t_m — интервал времени между машинами, мин;

v — расчетная скорость движения, км/ч;

k — коэффициент неравномерности движения;

L — интервал между движущимися, друг за другом машинами, м.

Величина безопасного интервала складывается из пути, проходимого за время реакции водителя, тормозного пути и длины самосвала:

$$L = \frac{vt}{3,6} + \frac{v^2(1+g)}{254(\gamma + w_o \pm i)} + l_a,$$

где $t = 0,3 \div 0,5$ — время реакции водителя, с;

γ — коэффициент инерции вращающихся масс;

φ — коэффициент сцепления; для наиболее неблагоприятных условий (мокрое дорожное, покрытие) принимается равным $0,2 \div 0,25$;

l_a — длина автомашины, м.

Пропускная способность двухполосных главных автодорог определяется по той же формуле для каждого направления.

По расчетам безопасное расстояние самосвалов БелАЗ-540 и БелАЗ-548 при движении со скоростью 20, 40 и 60 км/ч для груженых машин составляет соответственно 30—40, 70—90 и 120—200 м; для порожних машин 30—35, 60—75 и 100—140 м.

При встречном движении по одной полосе пропускная способность уменьшается ввиду снижения скорости при разминовках автомашин:

$$N_{\text{в}} = \frac{60}{kt'} = \frac{1000v'}{kL},$$

где t' — интервал времени между автомашинами с учетом снижения скорости при разминовке со встречными самосвалами, мин;

$$v' = (0,75 \div 0,8)v$$

Практически при встречном движении пропускная способность автодорог в карьерах ограничивается не на отдельных участках пути, а в пунктах примыкания рабочих горизонтов к выездной траншее и особенно в пункте примыкания верхнего горизонта, где грузооборот наибольший. Ограничение возникает здесь ввиду пересечения маршрутов машин, следующих по траншее и на уступы.

Однополосное встречное движение приводит к значительному снижению производительности автотранспорта и может применяться при движении не более 20 автомашин/ч.

Двухполосное встречное движение наиболее распространено в карьерах, однако ему свойственны существенные недостатки: в ночное время встречные машины ослепляют водителей, во время снегопадов и туманов видимость ухудшается (поэтому ради осторожности снижается скорость движения); становится опасным обгон; усложняются условия движения при снегопаде и гололеде.

Преимущества автотранспорта наиболее полно используются при организации кольцевого движения груженых и порожних машин по независимым дорогам. Такая схема обеспечивает и наибольшую безопасность движения без снижения скорости и известное упрощение схемы движения. Однако создание схемы кольцевого движения требует дополнительных горно-капитальных работ по вскрытию месторождения парными траншеями. Поэтому окончательно вопрос о целесообразности применения схемы кольцевого движения в конкретных условиях может быть решен на основе технико-экономического сравнения вариантов.

Провозная способность при автотранспорте M_a (т/сут)

$$M_a = \frac{T}{f} q_a,$$

где N — пропускная способность ограничивающего участка сети, автодорог, автомашин/сут;

f — коэффициент резерва пропускной способности, равный 1,75÷2,0;

q_a — грузоподъемность машин, т.

Способами увеличения провозной способности (грузооборота карьера) являются:

- а) увеличение грузоподъемности автотранспортных средств;
- б) разделение, где это возможно, грузопотока между несколькими направлениями за счет устройства не одного, а двух или трех съездов. Благодаря этому сокращается расстояние транспортирования до отвалов и обеспечивается непрерывность работы в случае выхода из строя одного из съездов.

§ 4. Организация автотранспортного хозяйства

С созданием современных средств большегрузного автотранспорта и накоплением опыта их эксплуатации все больше проявляется необходимость четкой организации технического обслуживания и ремонта автомобилей. По данным эксплуатации, в настоящее время 20—30 % календарного времени автосамосвалы находятся в обслуживании и ремонте. При этом трудозатраты на обслуживание и ремонт достигают 60 % общих трудозатрат на автотранспорт.

Содержание автопарка в исправности предусматривается системой планово-предупредительных осмотров и ремонтов. В зависимости от величины пробега машин производят текущее обслуживание: ежедневное обслуживание ЕО, первое техническое обслуживание ТО-1, второе техническое обслуживание ТО-2.

Периодичность проведения текущего обслуживания (в км пробега) предусмотрена, как это

Периодичность технического обслуживания

| Марка автосамосвала | Виды технического обслуживания | | |
|---------------------|--------------------------------|-----------|-----------|
| | ЕО | ТО-1 | ТО-2 |
| КрАЗ-256 Г | Один раз в сутки | 1500 | 6000 |
| БелАЗ-540 | То же | 1200—1500 | 5000—6000 |
| БелАЗ-548 | ” | 1200—1500 | 5000—6000 |
| БелАЗ-549 | ” | 1000—1200 | 5000 |

Кроме того, перед наступлением весеннего и осенне-зимнего периодов производится ; сезонное обслуживание автомобилей для подготовки их. к эксплуатации в более тяжелых сезонных. условиях.

Наряду с техническими обслуживаниями производятся ремонты автомобилей: текущий (ТР) и капитальный (КР).

При текущем ремонте выполняются восстановительные раб боты по отдельным узлам, агрегатам и деталям.

Необходимость в текущих ремонтах возникает ввиду непредвиденных (аварийных) выходов машины из строя. Частота такого события определяется показателями надежности автомобилей.

Средняя наработка на первый отказ самосвала БелАЗ-540 составляет 14—17 тыс. км. По мере роста общего пробега машины эта величина сокращается.

При капитальном ремонте (после пробега 120—150 тыс. км) производится восстановление технического состояния, сборка и испытание машины. Выполняется капитальный ремонт на ремонтных заводах, в отдельных случаях — в ремонтных мастерских крупных предприятий.

Для сокращения времени простоя машин в ремонте используется агрегатный метод, при котором неисправные узлы и агрегаты заменяются на годные, взятые из оборотного фонда.

Производственная база автомобильного хозяйства на карьерах включает комплекс зданий и сооружений для технического обслуживания и ремонта автомашин, сооружения для хранения автотранспортных средств, сооружения и оборудование для заправки горюче-смазочными материалами, пункт мойки авто самосвалов, административно-бытовые здания, складские помещения.

При наличии нескольких предприятий в составе одного комбината используют централизованные автохозяйства, объединяющие несколько автотранспортных цехов. В этом случае создаются центральный ремонтно-технический и административный, комплексы. Наряду с этим производственная база каждого автотранспортного цеха имеет сооружения и оборудование для хранения самосвалов и их заправки, посты для выполнения мелких ремонтов.

Хранение автомашин) предусматривается гаражное или на открытых стоянках, что определяется в первую очередь, климатическими условиями. В зимнее время использование открытых стоянок затрудняет запуск машин, поэтому требуется система их разогрева, Принято считать, что при работе в суровых зимних условиях следует применять гаражное хранение не менее чем 40—50 % автопарка. Однако рост размеров карьерных машин с увеличением их грузоподъемности затрудняет выполнение таких требований.

Размещение пунктов заправки автомобилей топливом и смазочными материалами зависит от конкретной обстановки. Их располагают на борту карьера или в отдельных автотранспортных цехах. Число мест заправки на каждом пункте устанавливается таким, чтобы время заправки одного автосамосвала составляло 20—40 мин.

РАЗДЕЛ III. КОНВЕЙЕРНЫЙ ТРАНСПОРТ

ГЛАВА 11. СХЕМЫ КОНВЕЙЕРНОГО ТРАНСПОРТА

§ 1. Условия применения и виды ленточных конвейеров

Транспортирование горной массы конвейерами получает на открытых горных разработках широкое распространение. Объясняется это основными преимуществами конвейерного транспорта:

- 1) сравнительно немногочисленным обслуживающим персоналом и, следовательно, наибольшей производительностью труда на карьерном транспорте;
- 2) непрерывностью транспортирования груза, обеспечивающей наиболее высокую производительность экскаваторов;
- 3) непрерывностью потока, способствующей наибольшей ритмичности работы горно-транспортного оборудования и облегчающей возможность комплексной автоматизации процессов;
- 4) способностью транспортировать материал на подъем до 18° (при специальных конструкциях конвейеров — до $35\text{—}40^\circ$) и значительному сокращению в связи с этим длины транспортных коммуникаций, объема горно-капитальных работ и разноса бортов карьера, а следовательно, сроков строительства карьера, что особенно существенно при разработке глубоких карьеров или карьеров с коротким сроком эксплуатации;
- 5) относительно небольшими габаритами конвейерных установок, допускающими их применение в стесненных условиях.

На действующих отечественных и зарубежных предприятиях работает большое число конвейерных установок в различных горнотехнических условиях. В СССР конвейеризация транспортирования вскрышных пород и полезного ископаемого осуществлена на железорудных и марганцевых карьерах Украины, Курской магнитной аномалии, угольных месторождениях Урала и др.

К настоящему времени определились следующие условия применения конвейерного транспорта:

- 1) для транспортирования рыхлых вскрышных пород (плотность в рыхлой массе $1,5\text{—}1,8\text{ т/м}^3$), разрабатываемых многочерпаковыми (цепными или роторными) экскаваторами. Таковы, например, условия угольных и марганцевых карьеров Украины, железорудных карьеров Курской магнитной аномалии, угольных карьеров ГДР и ЧССР. Ленточные конвейеры при этом используются в качестве самостоятельных транспортных установок или на транспортно-отвальных мостах и отвалообразователях. Характерно, что с увеличением производительности роторных экскаваторов повышается необходимость их обслуживания конвейерным транспортом, поскольку становится все труднее сочетать непрерывность экскавации с цикличностью работы транспорта;
- 2) для транспортирования угля на карьерах (например, на угольных карьерах объединений Вахрушевуголь, Челябинск-уголь и др.). Подобные условия применения конвейеров характерны для карьеров ГДР, Польши, Чехословакии, ФРГ и ряда других стран. До настоящего времени в СССР на угольных карьерах конвейерный транспорт работает в сочетании с одноковшовыми экскаваторами, поэтому производительность конвейерных линий ограничивается $400\text{—}500\text{ т/ч}$. Благодаря применению для разработки угля роторных экскаваторов производительность конвейерных установок в этих условиях повышается до $3000\text{—}5000\text{ т/ч}$;
- 3) для транспортирования скальных крупнокусковых пород и руды.

При этом целесообразность включения в технологические процессы открытой разработки дробления зависит от многих горнотехнических факторов. При дроблении руды в карьере дополнительные расходы на этот процесс компенсируются устранением стадии крупного дробления на фабриках, а при дроблении породы — значительным упрощением схемы отвалообразования и его стоимости.

Выбор того или иного типа дробильных установок осуществляется на основе технико-экономического анализа с учетом горно-геологических условий месторождений.

Стационарные дробильные установки обычно целесообразны в неглубоких карьерах, полустационарные — в карьерах с продолжительным сроком отработки отдельных горизонтов, передвижные — главным образом в глубоких карьерах с относительно быстрым уходом работ на глубину.

При передвижных дробильных агрегатах возможна полная конвейеризация, т. е. осуществ-

ление принципа поточности на открытых разработках с целью автоматизации производства.

Конвейерный транспорт имеет и недостатки, сдерживающие его широкое применение. К ним относятся в первую очередь быстрый износ дорогостоящей ленты, особенно при транспортировании кускового материала, и значительная зависимость работы конвейеров от климатических условий: в морозный период повышается износ ленты, в дождливый затруднена борьба с налипанием материала на ленту.

Назначение и виды конвейеров

По назначению и месту установки в транспортной схеме на открытых разработках различают конвейеры забойные (передвижные), соединительные (полустационарные), подъемные (полустационарные или стационарные), магистральные (стационарные) и отвальные (передвижные).

По этим признакам конвейеры конструктивно должны различаться по весу, удобству передвижки, способности преодолевать различные углы подъема и т. п.

1. Забойные конвейеры для транспортирования материала от погрузочного экскаватора до соединительного или подъемного конвейера устанавливаются на рабочей площадке уступа и передвигаются или удлиняются вслед за подвиганием фронта работ. В связи с этим основным требованием к конструкции забойных конвейеров является простота и легкость переноски или передвижки.

2. Соединительные конвейеры используются для транспортирования материала от одного или нескольких забойных конвейеров до подъемного. Это конвейеры полустационарного типа, их перемещение в зависимости от схемы работ производится вдоль или поперек оси конвейера.

3. Подъемные конвейеры, транспортирующие материал из карьера на поверхность под углом наклона до 18° (для обычных ленточных конвейеров), располагаются чаще всего на нерабочем борту карьера. Подъемные конвейеры, являющиеся стационарными, устанавливают на фундаменте на длительный срок и часто помещают в галереи.

4. Вспомогательные породоотборочные конвейеры применяются для породоотборки, чтобы попутно обогащать полезное ископаемое, а складские — для доставки и распределения материала по складу. Конвейеры обоих типов стационарные или полустационарные. К вспомогательным относятся также конвейерные перегружатели в забоях.

5. Конвейеры транспортно-отвальных мостов и ленточных отвалообразователей являются транспортирующим средством предназначенным для перемещения вскрышных пород по кратчайшему пути в выработанное пространство карьера. Отвалообразователи могут быть использованы также для размещения по род на внешних или внутренних отвалах.

На современном уровне развития техники для перемещения значительных объемов горной массы на открытых горных разработках могут быть применены четыре основных типа конвейеров: ленточные, ленточно-канатные, ленточно-цепные и пластинчатые.

Основными факторами, определяющими выбор рационального типа конвейера, являются место конвейерной установки в транспортной схеме и физико-механические свойства транспортируемого материала.

Ленточно-канатные конвейеры снабжены тяговым органом, в качестве которого использованы канаты, «а лента с небольшим числом прокладок выполняет лишь функции несущего органа. Установки этого типа обеспечивают большую длину конвейерных ставов и имеют относительно невысокий погонный вес.

Ленточно-канатные конвейеры существующей конструкции имеют некоторые недостатки. К ним относятся громоздкость и сложность привода, ограниченная производительность, сложность изготовления ленты и соединения концов каната.

Проектно-конструкторские работы направлены на значительное повышение технических качеств ленточно-канатных конвейеров.

Ленточно-цепные конвейеры являются типом конвейеров, в которых тяговые и несущие функции разделены между тяговой цепью и конвейерной лентой.

Производительность конвейеров данного типа достигает 600—700 т/ч (ФРГ), но она ограничивается скоростью движения конвейерной ленты, которая ввиду передачи тягового усилия цепным органом не превышает 1,2—1,5 м/с. Достоинствами ленточно-цепных конвейеров являются: возможность транспортирования материала под увеличенными углами наклона ($35—40^\circ$), возможность неограниченной длины става (с промежуточными приводами), малая энергоемкость.

Пластинчатые конвейеры в качестве тягового органа имеют одну или две тяговые цепи, а в качестве грузонесущего органа — пластинчатое полотно, поддерживаемое ходовыми катками.

По тяговым свойствам, механическим и энергетическим показателям эти конвейеры не имеют преимуществ перед ленточно-цепными. В то же время их масса обычно значительно больше, чем у конвейеров других типов. Известное достоинство пластинчатых конвейеров — способность работать на трассе, сильно искривленной в плане, — не имеет решающего значения при работе конвейера на поверхности и в карьерах.

Область эффективного применения пластинчатых конвейеров на поверхности и в карьерах ограничивается использованием их в качестве питателей и перегружателей, т. е. в качестве транспортных средств непрерывного действия, приспособленных к восприятию значительных ударных нагрузок при погрузке и перегрузке скального и крупнокускового материала.

Из числа рассматриваемых конвейеров ленточные конвейеры — наиболее простые в конструктивном отношении и поэтому наиболее распространенные на открытых разработках.

В Советском Союзе конвейерный транспорт в карьерах применяется на протяжении многих лет. Начав с использования конвейеров малой производительности для транспортирования угля, отечественная промышленность к настоящему времени подошла к освоению в больших масштабах конвейерных установок с часовой производительностью, измеряемой тысячами кубических метров.

Конвейерный транспорт за последние 10 лет получил значительное распространение на открытых горных разработках многих стран.

В соответствии с горнотехническими условиями разработки месторождений в отдельных странах определились два направления совершенствования и развития конвейерного транспорта. В странах Европы конвейерный транспорт используется в основном для транспортирования рыхлых вскрышных пород и угля, а в США и ряде других стран конвейерный транспорт получает применение для перемещения руды и скальных пород.

§ 2. Схемы конвейерного транспорта

Схемой конвейерного транспорта в карьере можно назвать изображение грузопотоков и взаиморасположение конвейерных линий и конвейерных агрегатов, связывающих пункты погрузки горной массы с пунктами ее доставки.

Разнообразие горнотехнических условий месторождений, разрабатываемых открытым способом, предопределяет возможность применения большого числа схем конвейерного транспорта в карьерах. Различие схем обуславливает применение типов, параметров или конструкций конвейерного оборудования.

В систематизированном виде схемы конвейерного транспорта можно представить, как это показано на рис. 77.

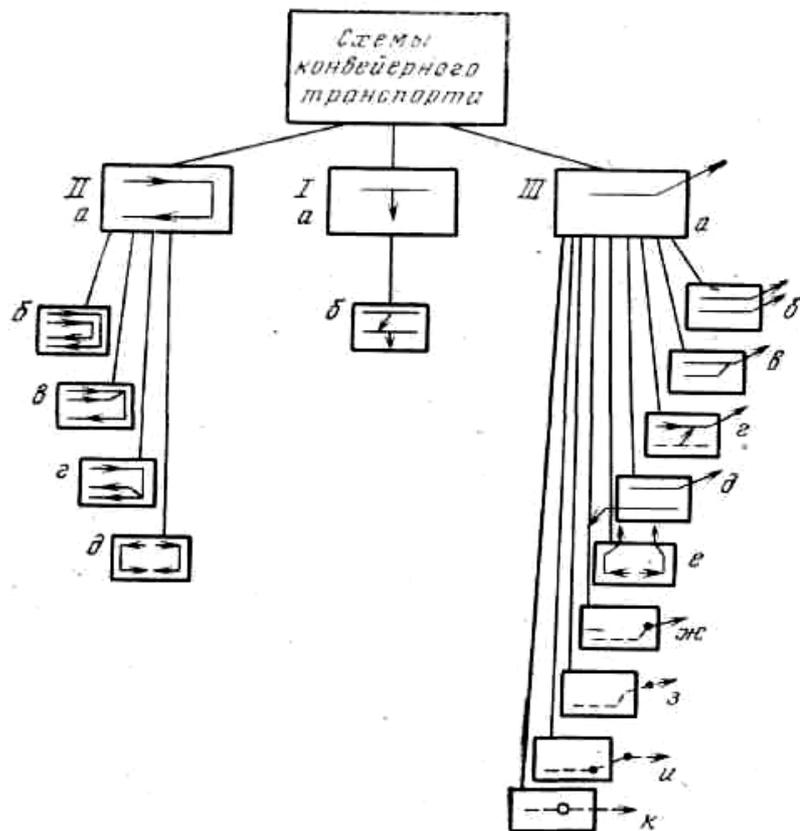


Рис. 77. Систематизация схем конвейерного транспорта

По направлению транспортирования горной массы можно выделить три группы схем:

I — в выработанное пространство кратчайшим путем — поперек фронта карьера;

II — в выработанное пространство по периметру карьера;

III — за пределы карьера.

Для транспортирования вскрышных пород (В) применимы схемы всех трех групп (В-I, В-II, В-III) в зависимости от горнотехнических условий разработки месторождений. Для полезного ископаемого (И), которое подлежит перемещению за пределы карьера, применимы схемы группы III, т. е. И-III.

Схемы конвейерного транспорта группы I относятся к транспортированию вскрышных пород и применяются чаще при разработке Пород относительно небольшой мощности, покрывающих горизонтально залегающий пласт полезного ископаемого.

В качестве конвейерных агрегатов при этом используют ленточные отвалообразователи по схеме В-Ia (рис. 78) или транспортно-отвальные мосты. Транспортно-отвальная система разработки является наиболее экономичной благодаря перемещению горной массы по кратчайшему расстоянию.

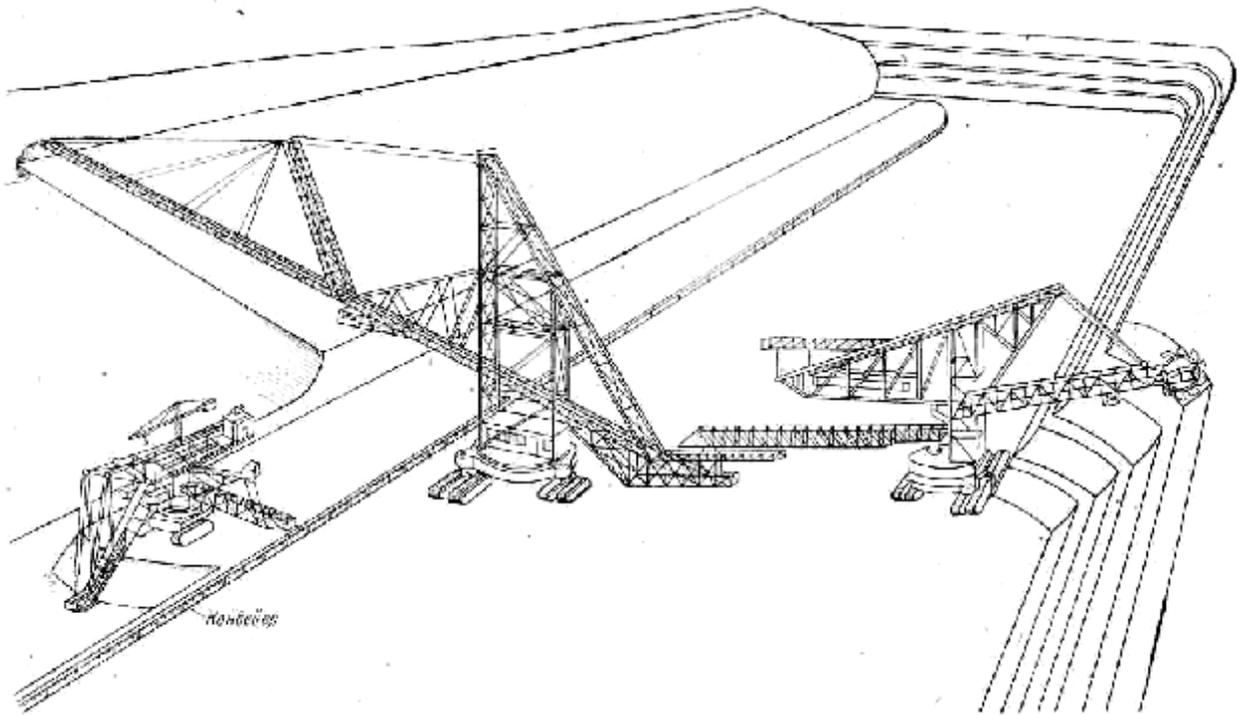


Рис. 78. Схема с применением ленточного отвалообразователя

При разработке вскрыши в несколько уступов возможно применение схемы В-1б, когда используются дополнительные транспортные средства для объединения грузопотоков двух или нескольких уступов, например применение ленточного перегружателя для передачи породы с верхнего (передового) уступа на транспортно-отвальный мост.

Схемы карьерного транспорта группы II, также используемые для перемещения вскрышных пород, по своей структуре более универсальны, так как круг условий их применения более широк.

При малой мощности вскрыши применима простейшая (рис. 79) из этой группы схема В-Па. С увеличением мощности вскрыши возникает необходимость в разработке двумя или несколькими уступами с применением того же числа транспортных коммуникаций (схема Пб).

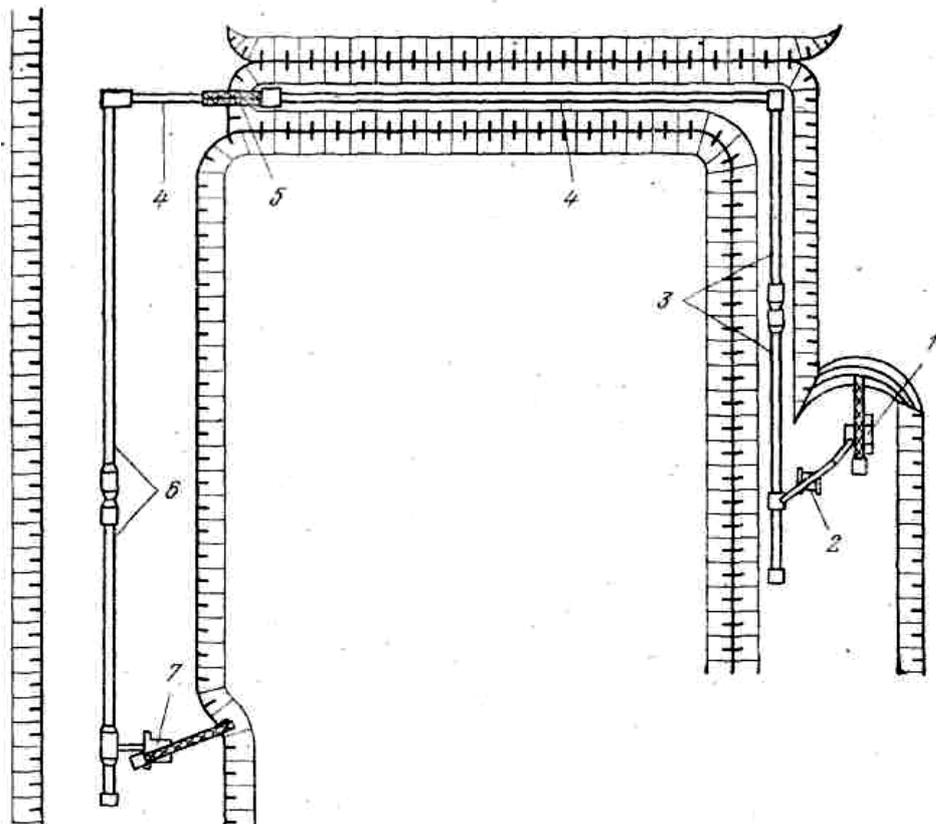


Рис. 79. Схема с транспортированием вскрыши на внутренний отвал:

1 — роторный экскаватор; 2 — перегружатель; 3 — забойные конвейеры; 4 — передаточные конвейеры; 5 — компен-

сатор высоты; 6 — отвальные конвейеры; 7 — отвалообразователь

В зависимости от типа применяемого оборудования в забоях и на отвалах, а также от условий отсыпки внутреннего отвала возможны схемы с объединением (схема В-Пв) или разделением (схема В-Пг) грузопотоков (рис. 80), идущих с отдельных уступов и на отдельные отвалы.

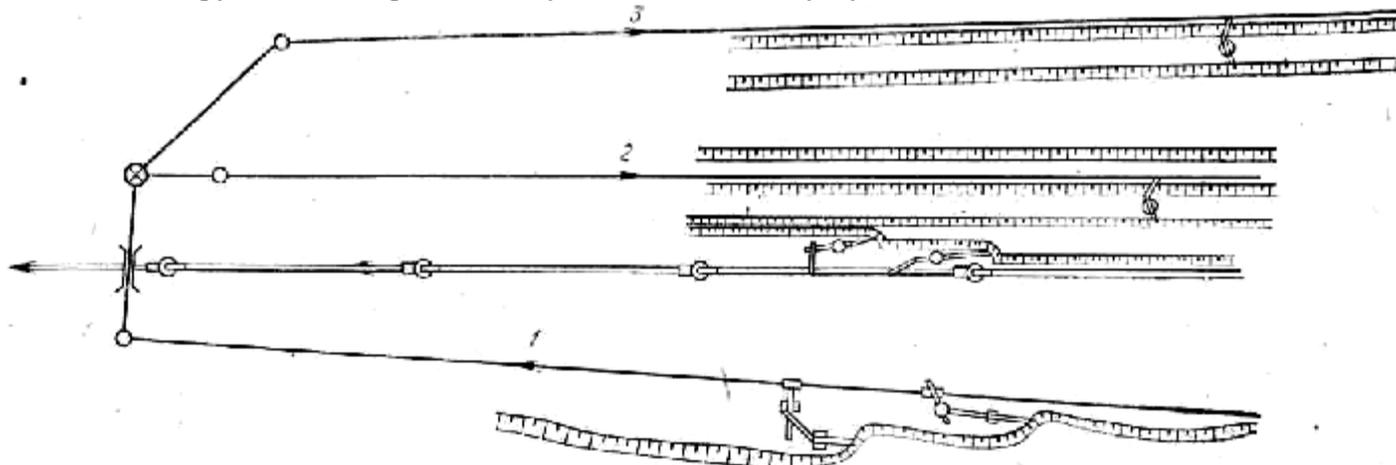


Рис. 80. Схема конвейерного транспорта с разделением грузопотока:

1 — забойный конвейер; 2, 3 — отвальные конвейеры

При большой протяженности фронта работ, а также при необходимости заложения добычной траншеи посередине карьерного поля применима схема В-Пд, позволяющая поочередно работать на разных флангах вскрышных работ.

Экономические показатели работы по схемам группы II, как правило, несколько ниже, чем при работе по схемам группы I. Нередко в проектах по условию мощности вскрыши предусматривается комбинация обеих схем (рис. 81). Основной (нижний) вскрышной уступ разрабатывается по транспортно-отвальной системе, верхние же — по транспортной, с перемещением породы в отвал по периметру карьера. Общая стоимость вскрышных работ при этом снижается пропорционально доле участия транспортно-отвальной системы.

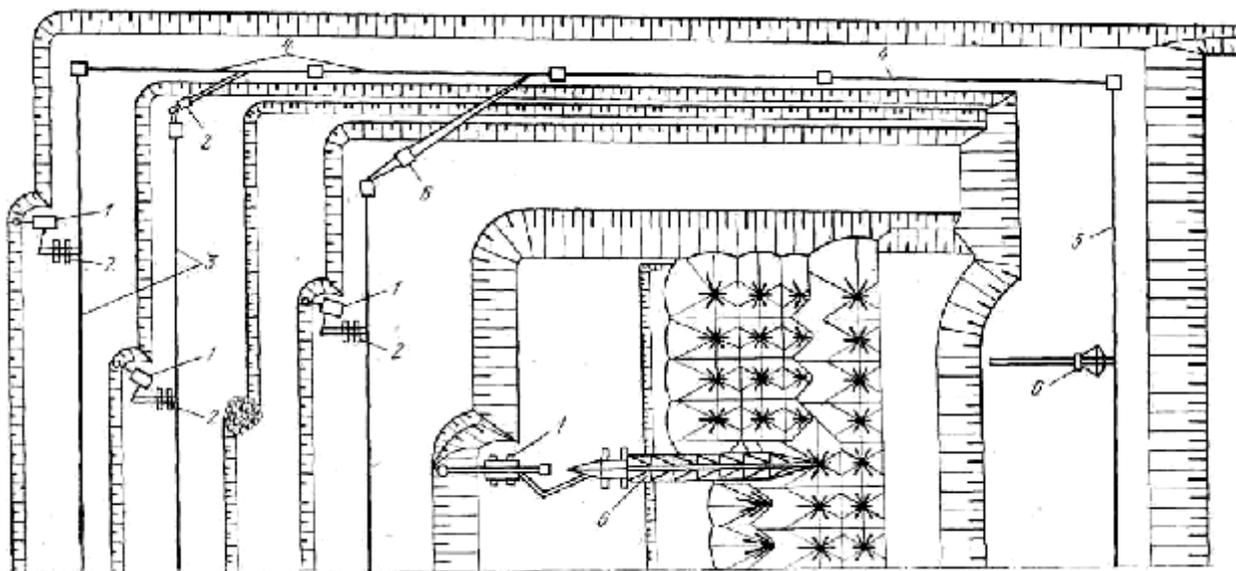


Рис. 81. Комбинированная схема конвейерного транспорта:

1 — роторный экскаватор; 2 — перегружатель; 3 — забойные конвейеры; 4 — магистральные конвейеры; 5 — отвальный конвейер; 6 — отвалообразователь

Схемы карьерного транспорта группы III относятся к транспортированию как вскрышных пород, так и полезного ископаемого.

При разработке одного уступа применима схема В-Ша (рис. 82).

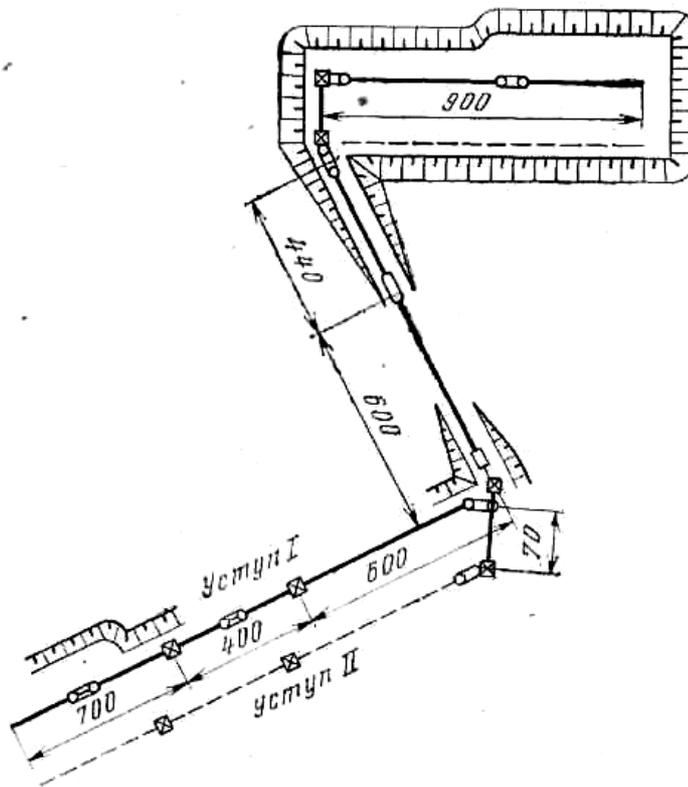


Рис. 82. Схема транспортирования на внешний отвал

Эта схема довольно проста и применяется на открытых разработках во многих странах. Например, на вскрышных работах Михайловского и Стойленского карьеров КМА (СССР), на бурогольном карьере «Инден» (ФРГ), на разработках бокситов в Гвинее (месторождение Макензи).

При двух или нескольких рабочих горизонтах и небольшом расстоянии до пункта назначения можно использовать схему В-Шб. При значительной длине транспортирования на поверхности целесообразно объединение грузопотоков (рис. 83), идущих от нескольких экскаваторов (схема В-Шв). Подобная схема транспорта пород вскрыши применена на карьерах «Перес» (ГДР) и «Трояново-3» (Болгария).

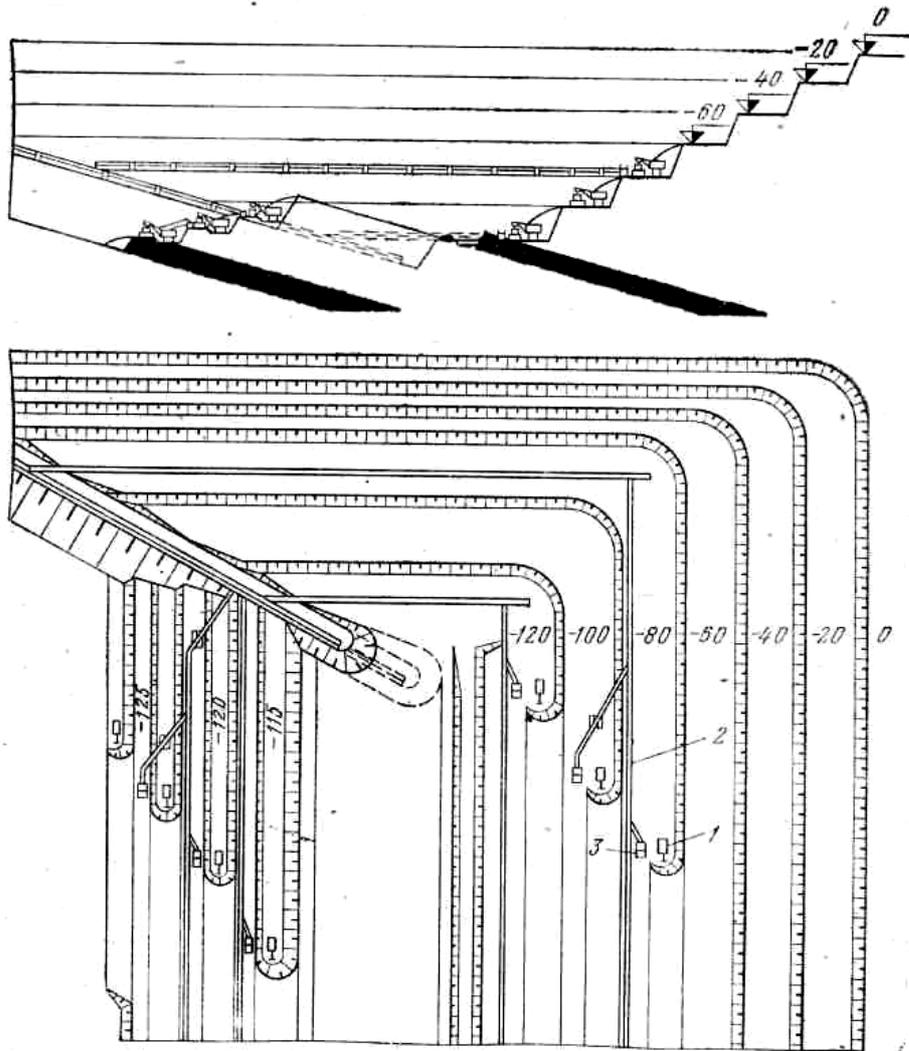


Рис. 83. Схема транспорта с объединением грузопотоков:

1 — экскаватор; 2 — забойный конвейер; 3 — перегружатель

При значительной протяженности фронта работ объединение грузопотоков осуществимо передачей горной массы с уступа на уступ (схема В-Ш₂) посредством ленточного перегружателя. Такова схема транспортирования вскрыши на Михайловском железорудном карьере (рис. 84). В случае разработки месторождений с большим объемом горной массы может быть рациональным разделение общего грузопотока на части (схема В-Ш_д) с направлением их на различные отвалы (рис. 85).

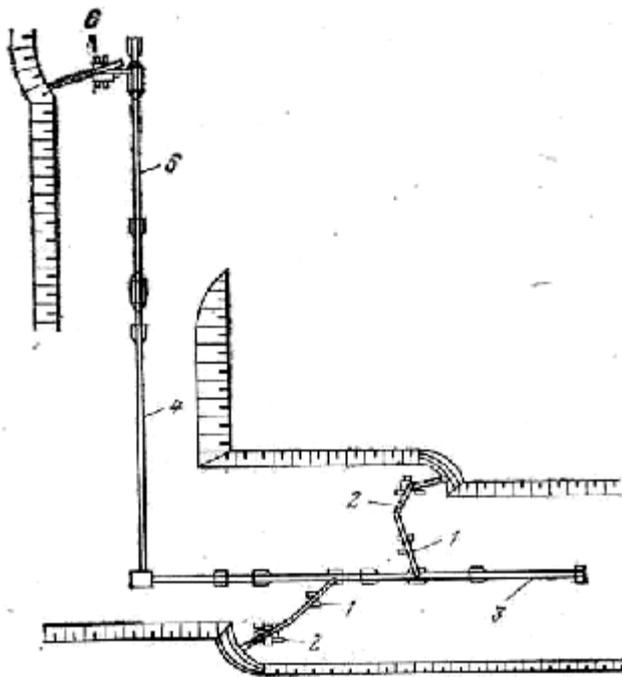


Рис. 84. Схема с применением перегружателей:
1 — перегружатель; 2 — роторный экскаватор; 3 —
забойный конвейер; 4 — магистральный конвейер; 5 —
отвальный конвейер; 6 — отвалообразователь

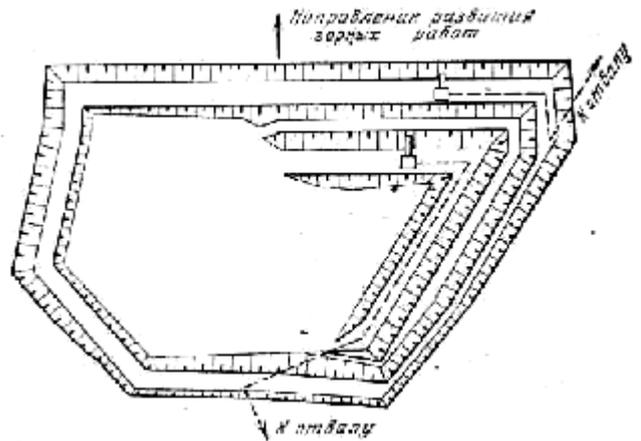


Рис. 85. Схема с транспортированием на различные отвалы:
— — — вскрышные конвейеры

При значительной протяженности карьерного поля возможно разделение транспортных коммуникаций для фланговой отработки уступов (схема В-Ше).

Наибольшая эффективность в определенных условиях достигается сочетанием схем групп Ш и I, а также Ш и II. Основными соображениями при выборе сочетаний схем являются сокращение расстояния транспортирования и обеспечение надежности схем конвейерного транспорта.

Применительно к транспортированию полезного ископаемого наибольшее применение имеют схемы И-Ша; И-Шб и И-Шв. По отдельным или объединенным линиям конвейеров полезное ископаемое транспортируется от забоя на поверхность и до потребителя или пункта переработки.

Для транспортирования вскрышной породы или полезного ископаемого комбинированным транспортом наиболее применимы схемы Шж, Шз, Ши, Шк. В схеме Шж полезное ископаемое или вскрышная порода транспортируется в пределах карьера средствами автотранспорта, а подъем горной массы на поверхность и перемещение к пунктам назначения осуществляется конвейерами.

По схеме Шз горная масса выдается из карьера на поверхность, например, железнодорожным транспортом, а затем транспортируется в отвал конвейерами. Такова схема работ на угольном карьере «Фортуна» (ФРГ): до перегрузочного пункта на поверхности порода доставляется в поездах, а затем конвейерной линией подается к отвалообразователю. Чаще горная масса из забоя доставляется на борт карьера конвейерами, а затем транспортируется железнодорожным, автомобильным или гидротранспортом на дальнейшее расстояние. Такова, например, схема конвейеризации транспортирования угля на карьерах производственных объединений Вахрушевуголь и Челябинск-уголь.

В схеме Ши приняты два перегрузочных пункта (перед подъемом и на поверхности) и используются, таким образом, три вида транспорта (конвейерный чаще на подъеме).

В схеме Шк средствами автотранспорта горная масса доставляется к рудоспуску и далее по горизонтальным выработкам конвейерами транспортируется на поверхность.

Процесс транспортирования в карьерах начинается с формирования грузопотока горной массы в забоях и завершается его расформированием в пункте назначения. В связи с этим возможны различные способы погрузки и разгрузки горной массы, определяемые технологией горных работ и видом применяемого оборудования.

Схемы погрузки на конвейеры в забое

Простейшей схемой, применяемой при работе одноковшовых и многочерпаковых экскава-

торов, является схема погрузки на горизонте установки экскаватора на конвейер, уложенный вдоль уступа. Загрузка конвейера осуществляется через специальное загрузочное устройство.

Во многих случаях параметры применяемого оборудования или особенности технологии работ исключают возможность непосредственной погрузки горной массы на конвейер. Тогда 15 схему погрузки вводятся промежуточные агрегаты. При погрузке рыхлых и мелкокусковых материалов таким промежуточным агрегатом является ленточный перегружатель, при погрузке крупнокусковых пород — передвижной дробильный агрегат.

Ленточные перегружатели используются для погрузки на горизонте установки экскаватора или для передачи пород на выше- или нижележащий горизонт. Необходимость в перегружателе на горизонте установки экскаватора возникает тогда, когда линейных параметров разгрузочной стрелы экскаватора не хватает для погрузки в районе «мертвой зоны» конвейера или при врезке экскаватора в очередную заходку. Применение ленточного перегружателя может также оказаться рациональным для сокращения числа передвижек конвейера.

Применение перегружателей с передачей груза на другой горизонт возможно с целью объединения на одной конвейерной линии грузопотоков от двух экскаваторов, согласованно работающих на разных уступах. Подобные перегружатели используются также в условиях, где один экскаватор последовательно обрабатывает ряд уступов, осуществляя погрузку на конвейер, установленный на определенном горизонте.

При разработке скальных пород, требующих дробления до транспортабельных размеров, возможно применение передвижных дробильных агрегатов. Порода, загружаемая экскаватором в приемный бункер передвижного агрегата, после дробления передается пластинчатым питателем на забойный конвейер. Между дробильным агрегатом и конвейером возможна установка ленточного перегружателя.

Схемы разгрузки с конвейеров на отвале

При конвейерной доставке породы на отвал возможны две принципиальные схемы, определяемые типом используемого оборудования и технологией отвальных работ.

1. Непосредственная отсыпка отвала с конвейера через головной разгрузочный барабан или через двухбарабанную разгрузочную тележку. При разгрузке через головной барабан конвейер периодически удлиняется или поворачивается (если головная часть выполнена в виде поворотного питателя). При использовании двухбарабанной разгрузочной тележки она перемещается вдоль става конвейера, осуществляя разгрузку породы через поворотный питатель. Порода при этом сбрасывается под откос непосредственно или с помощью вспомогательных средств (бульдозеров или экскаватора).

2. Отсыпка отвала с помощью отвалообразователя. В этом случае вдоль фронта отвала укладывается передвижной отвальный конвейер, оборудованный разгрузочной тележкой. С разгрузочной тележки порода передается на приемную часть ленточного отвалообразователя, посредством которого укладывается в отвал (подобная схема применяется при складировании полезного ископаемого).

Преимуществом схемы с применением отвалообразователя по сравнению с непосредственной отсыпкой является значительно большая приемная способность отвала, позволяющая сократить число передвижек конвейера.

Приведенные схемы транспортирования, погрузки и разгрузки характеризуются различной трудоемкостью; энергоемкостью и стоимостью работ. Выбор схемы конвейерного транспорта производится на основании технико-экономического анализа при проектировании карьера.

ГЛАВА 12. УСТРОЙСТВО КОНВЕЙЕРОВ

§ 1. Конвейерная лента

Лента — одновременно тяговый и грузонесущий орган ленточного конвейера, поэтому она должна обладать продольной и поперечной прочностью и гибкостью, сопротивляемостью ударным нагрузкам (особенно от абразивного материала), возможно меньшим весом.

Лента состоит из каркаса, обеспечивающего ей нужную прочность, и резинового покрытия (обкладок), предохраняющего каркас от истирания, действия влаги и пр.

К настоящему времени определились два направления в конструировании конвейерных лент: с тканевой основой (каркасом) и с основой из стальных тросов.

Тканевые прорезиненные ленты изготавливаются из нескольких слоев ткани, соединяемых между собой слоями резины методом вулканизации.

Ткань придает ленте прочность, необходимую для передачи значительных тяговых усилий. Для защиты от механических повреждений, действия влаги и т. п. ткань покрывается сверху, снизу и с боков слоем резины (обкладками). Толщина верхней (рабочей) обкладки, подверженной наибольшему износу, зависит главным образом от степени абразивности и кусковатости транспортируемого материала. Толщина обкладки составляет обычно 1,5—6,0 мм. Однако у лент, предназначенных для транспортирования крупнокускового скального материала, толщина рабочей обкладки может быть увеличена до 10 мм. Толщина обкладки на нерабочей стороне ленты 1,5—2,0 мм.

Работоспособность ленты определяется в первую очередь разрывным усилием 1 см ширины каждой тканевой прокладки. С учетом запаса прочности, принимаемого 9—10, определяется допустимое рабочее натяжение ленты. Отечественная промышленность изготавливает ленты с основой из полиамидного волокна анид.

Синтетические ткани наряду с высокой прочностью обладают эластичностью и влагоустойчивостью, благодаря чему при низкой температуре не смерзаются и не теряют гибкости. Ниже приведены основные сведения о тканевых прорезиненных лентах на синтетической основе.

Характеристика тканевых лент

| Тип ткани | ТА-100 ЛХ-120 | ТА-150 | ТЛК-20 | К-10-2-3Т; А-10-2-3Т; ТК-300; ТА-300 | ТК-400 |
|-------------------------------------|------------------|--------|--------|---|--------|
| Разрывная прочность прокладки, Н/см | 1000 | 1500 | 2000 | 3000 | 4000 |

Толщина конвейерных лент определяется числом прокладок. Однако при слишком большой толщине ленты теряется ее гибкость и при огибании барабанов возникают значительные напряжения, снижающие ее прочность. Кроме того, при увеличении числа прокладок повышается степень неравномерности их работы, что требует увеличения прочности. Поэтому обычно конвейерные ленты выполняют с числом прокладок 4—8.

Недостатком лент на синтетической основе является значительное удлинение ленты под рабочей нагрузкой, величина которого достигает 2—2,5 %. Столь большая вытяжка на длинных конвейерах затрудняет выполнение натяжных устройств.

Резинотросовые ленты имеют каркас, изготовленный из стальных тросов, сплетенных из тонких проволок и уложенных в один слой. Между собой тросы связываются обкладками из ткани (обычно бельтинг). Пространство между тросами заполняется резиной.

В табл. 20 приведены характеристики ряда типоразмеров отечественных резинотросовых конвейерных лент.

При определении допустимой рабочей нагрузки следует учитывать коэффициент неравномерности натяжения тросов (0,85) и запас прочности, принимаемый равным 6—8. В результате рабочая нагрузка резинотросовых лент достигает 5000—6000 Н/см ширины ленты.

Характеристика резиновых лент

| Тип ленты | Диаметр троса, мм | Шаг троса, мм | Общая толщина ленты, мм | Разрывное усилие, Н/см |
|-----------|-------------------|---------------|--------------------------------------|------------------------|
| 2РТЛ-1500 | 6,2 | 15 ±2 | 18 ⁺¹ ₋₂ | 15 000 |
| 2РТЛ-2500 | 7,6 | 14±2 | 20,5 ^{+1,5} _{-2,0} | 25 000 |
| 1РТЛ-2500 | 7,6 | 14±2 | 20,5 ^{+1,5} _{-2,0} | 25 000 |
| 1РТЛ-3150 | 8,6 | 15±2 | 22,5 ± 2 | 31000 |
| 1РТЛ-4000 | 8,0 | 15±2 | 23,0 ± 2 | 40 000 |
| 1РТЛ-5000 | 10,5 | 17±2 | 25,5 ^{+2,5} _{-2,0} | 50 000 |
| 1РТЛ-6000 | 11,5 | 18±2 | 26,5 ± 2,5 | 60 000 |

Основными преимуществами резиновых лент являются: высокая прочность, позволяющая создавать конвейерные установки весьма большой длины и производительности и незначительное удлинение при рабочей нагрузке (не более 0,25 %).

К недостаткам резиновых лент относятся: значительный погонный вес (примерно в два раза выше, чем равнопрочной анидной ленты); сложность соединения концов; пониженная сопротивляемость ударным нагрузкам; при порезах ленты проникновение к тросам влаги, вызывающей их коррозию.

При совершенствовании лент обоих типов, вероятно, будет целесообразно ленты с синтетической основой использовать в более тяжелых эксплуатационных условиях (при частой перемещке конвейеров, многочисленных перегрузках, транспортировании крупнокускового материала и т. п.), а резиновые на магистральных конвейерах большой длины и на подъемных.

В себестоимости транспортирования конвейерами до 20—30 % расходов приходится на ленту. Поэтому помимо прочностных данных существенное значение имеют стоимость и срок службы ленты.

Срок службы ленты зависит от следующих факторов:

- длины конвейера и скорости движения ленты, от которых, в свою очередь, зависит истирание ленты от соприкосновения с транспортируемым материалом, барабанами и роликами;
- способа и качества загрузки материала на ленту, так как именно в пунктах погрузки возникают удары, вызывающие дополнительный износ ленты;
- влияния атмосферных условий и естественного старения.

К настоящему времени имеются лишь приближенные методы расчета срока службы конвейерных лент. Для практических расчетов принимают, что при транспортировании рыхлых пород и угля срок службы ленты, составляет от 3 до 5 лет, а при транспортировании крепких пород — от 1 до 3 лет.

§ 2. Конвейерный став

Конвейерные роликоопоры, служащие для поддержания и направления ленты, а также для придания ленте определенной поперечной формы, являются одним из основных элементов конструкции конвейеров. Их качество в значительной мере определяет расход энергии, плавность движения ленты и срок ее службы.

На грузовой ветви устанавливают обычно трехроликовые (для широких лент пятироликовые) опоры, придающие ленте лотковую форму, на холостой ветви — однороликовые или двухроликовые. На рис. 86 показаны линейные секции ленточных конвейеров.

На трехроликовых опорах (86, а, б) угол наклона боковых роликов ранее принимался равным 20°. Теперь же, с применением более гибких лент на синтетической и резиновой основе, принимают угол наклона боковых роликов 30—35°, что позволяет при той же ширине ленты повысить производительность конвейера примерно на 15%. Дальнейшее увеличение угла наклона роликов ухудшает условия работы ленты и дает прирост производительности лишь на 5—6 %.

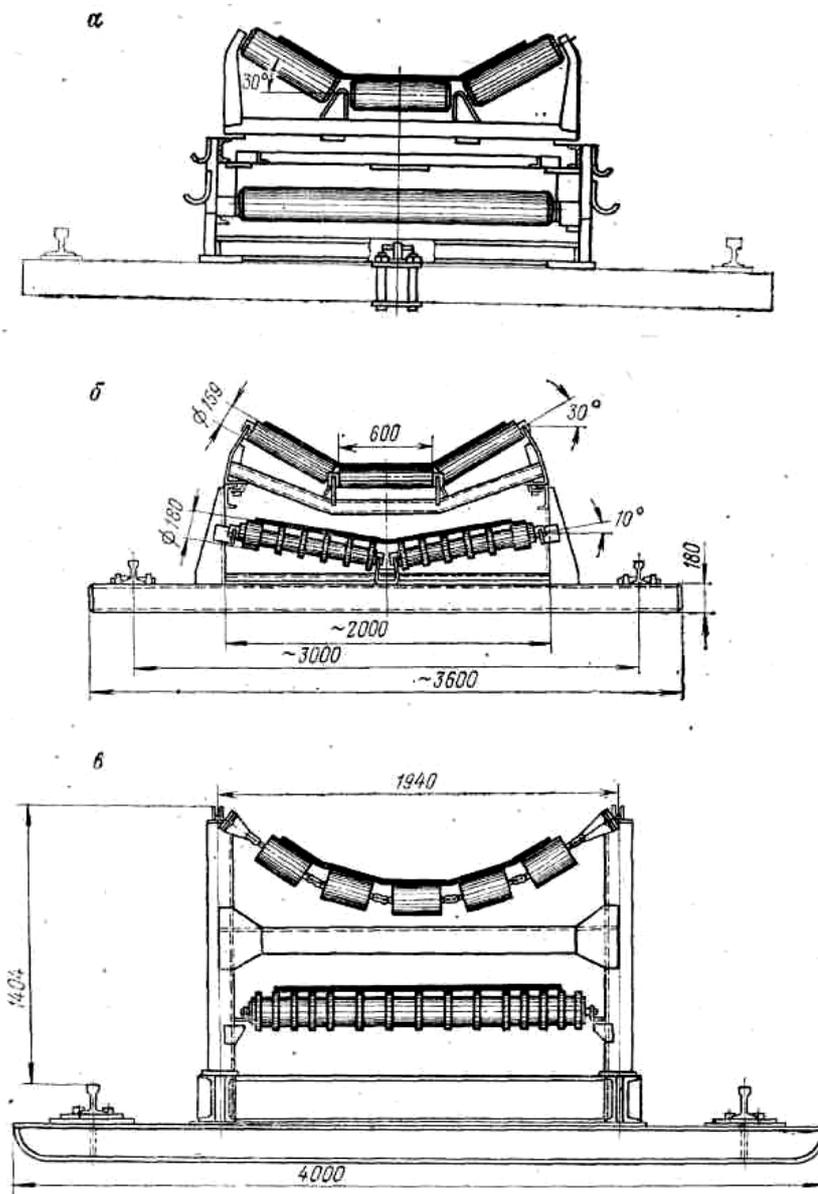


Рис. 86. Линейные секции ленточных конвейеров

Пятироликовые опоры (86, в) применяют обычно при ширине ленты более 2 м.

Применение; двухроликовых опор на порожняковой ветви обеспечивает центрирование ленты при движении.

Помимо роликоопор, жестко укрепленных на станине, все большее применение получают роликоопоры подвесного (гирляндного) типа различных конструкций (рис. 87). Такие роликоопоры подвешиваются на продольных балках станин или на продольных несущих канатах.

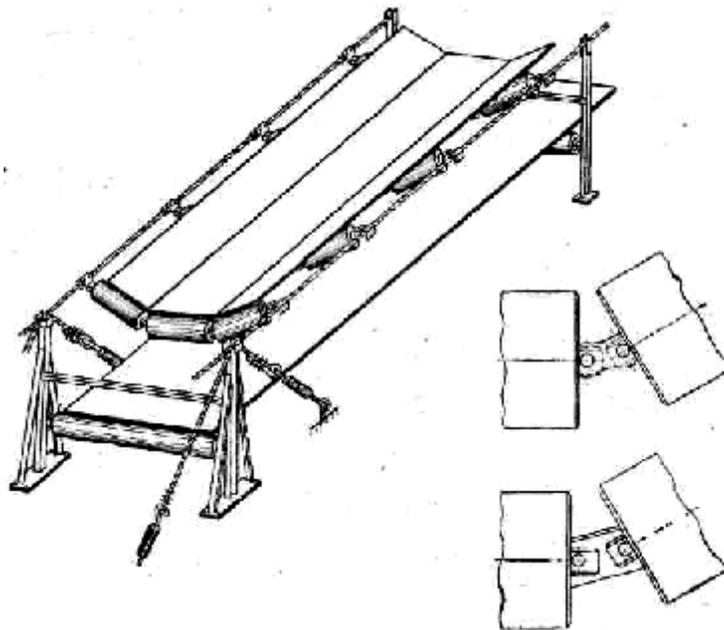


Рис. 87. Линейная канатная секция ленточного конвейера с подвесными шар-нирными роlikоопорами

До настоящего времени почти во всех конструкциях ленточных конвейеров независимо от угла наклона боковых роликов длина горизонтального (среднего) ролика роlikоопоры принималась равной или несколько большей длины боковых наклонных роликов. В последние годы появился ряд конструкций конвейеров с укороченным средним роликом. При этом за счет укорочения среднего ролика достигается увеличение производительности конвейера на 3—4%. В ряде конструкций средний ролик совсем удален и ролики устанавливаются под углом 35°, благодаря чему несколько упрощается конструкция роlikоопоры. Действительно, с уменьшением длины среднего ролика до определенного предела производительность конвейера увеличивается на 3—4 % при различных углах наклона боковых роликов. Однако при выборе длины роликов следует учитывать величину нагрузки на ролики и характер ее распределения между центральным и боковыми роликками. Немаловажными являются также унификация и типизация конвейерного оборудования, удобство эксплуатации и ремонта.

Расстояние между роlikоопорами грузовой ветви составляет обычно 0,9—1,2 м, а холостой 2,5—3,0 м, однако оно может быть переменным (меньшее в конце и большее в голове конвейера) в связи с различным натяжением ленты по длине. Определяется оно из условия допустимого провеса ленты.

Конструктивно ролики выполняются со сквозной неподвижной осью или с вращающимися полуосями и цапфами. Неподвижная ось ролика, имеющая на концах срезы, вкладывается в пазы опорных кронштейнов.

Ролики грузовой ветви разделяются на рядовые, предназначенные для поддержания ленты с грузом, и специальные, выполняющие также дополнительные функции — амортизацию ударов при погрузке и центрирование ленты.

Корпус рядовых роликов (с неподвижной осью и с полуосями) выполняется из трубы или гнутого и сваренного листа. Подшипниковый узел ролика со сквозной осью размещается в литом, ковном или штампованном стакане, завальцованном в корпус ролика или приваренном к нему (рис. 88). Подшипниковый узел состоит из радиального подшипника и различного типа уплотнений. От надежности уплотнения зависит долговечность подшипникового узла и ролика.

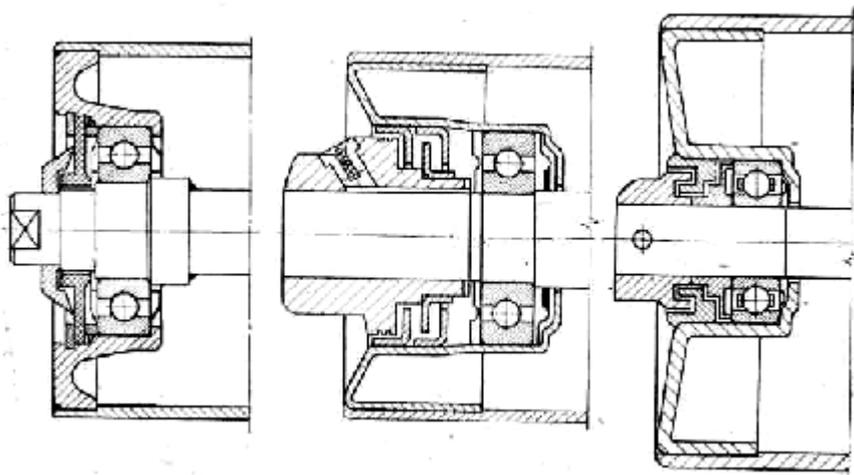


Рис. 88. Рядовой ролик грузовой ветви с уплотнениями различной конструкции

Амортизирующие ролики устанавливаются чаще всего в пунктах загрузки конвейерной ленты для смягчения ударов от падающего материала. Подшипниковый узел таких роликов обычно усилен, крепление роликов этого типа к опорам в основном то же, что и рядовых. Главное их отличие — в конструкции корпуса. Корпус роликов состоит из трубы с насаженными на нее резиновыми дисками. Для лучшей амортизации диски имеют воздушные полости (рис. 89).

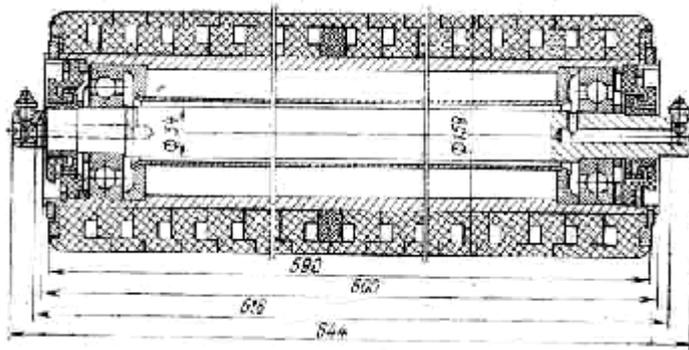


Рис. 89. Амортизирующий ролик

Ролики холостой ветви предназначены для поддержания и очистки ленты от налипающего и намерзающего материала.

При выполнении функции только поддержания ленты ролики холостой ветви выполняются цилиндрическими. Конструкция их та же, что и рядовых роликов грузовой ветви, и отличаются они только длиной. Для очистки ленты используют дисковые (шайбовые) или спиральные ролики нижней ветви. Укрепленные на некотором расстоянии по оси резиновые диски (см. рис. 86) обеспечивают достаточно надежную очистку ленты конвейера по всей длине.

При широкой конвейеризации транспорта облегчение веса, качество конструкции и долговечность роликов приобретают громадное значение. Действительно, для конвейера длиной 500 м необходимо установить и содержать в исправности более 1700 роликов различной конструкции. Это предъявляет высокие требования к ремонтно-эксплуатационной службе конвейеров.

Собственно роликостроение (т. е. конструкция, поддерживающая ролики) подвергается воздействию со стороны транспортируемого материала и поэтому должна обладать надлежащей прочностью. Одна из наиболее легких и прочных конструкций — трубчатая.

При больших скоростях движения и значительной ширине ленты примерно через каждые 25 м устанавливают центрирующие опоры (рис. 90), вращающиеся вокруг вертикальной оси. При сбегании ленты в сторону роликостроения поворачивается на некоторый угол. Возникающие при этом усилия возвращают ленту в центральное положение.

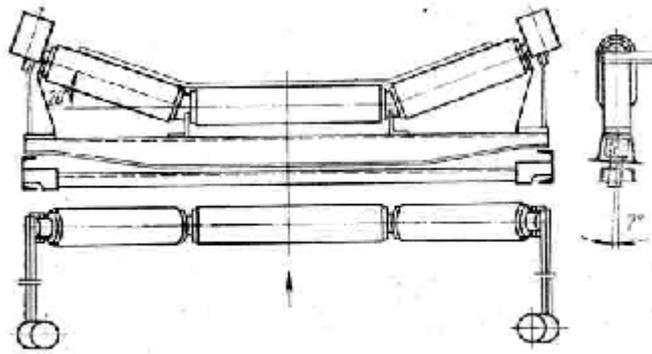


Рис. 90. Центрирующая роlikоопора

Конвейерный став собирают из отдельных секций. Для магистральных и подъемных конвейеров секции выполняют в виде стальных решетчатых ферм длиной 4—5 м, которые после сборки образуют жесткую систему, обеспечивающую спокойный ход ленты.

Конструкция секций полустационарных и передвижных конвейеров определяется способом передвижки.

Существуют три основных способа перемещения забойных конвейеров в карьерах: переноска става отдельными секциями, перемещение всего става волочением по почве и передвижка конвейера качением на колесном или гусеничном ходу.

Для переноски конвейера отдельными секциями требуются демонтаж става и снятие ленты. Секции длиной 5—6 м выполняются из деревянных брусьев или профильной стали. Масса г м секции такого типа 160—180 кг. После переноски секций следуют трудоемкие операции монтажа конвейерного става и навески снятой ленты.

Для современных передвижных конвейеров характерно перемещение их на новую трассу без разборки става. Металлические секции (рис. 91) опираются на шпалы. Рельс, служащий для передвижки конвейера, является связующим звеном между отдельными секциями. Длина секций от 4 до 8 м, число роlikоопор 4—9. Через 4—5 обычных секций устанавливается секция с направляющей роlikоопорой. Масса 1 м секции такого типа 250—280 кг.

Для соединительных конвейеров, устанавливаемых в торце карьера, возникает необходимость их перемещения вдоль оси движения ленты. Секции этих конвейеров выполняются с ходовым устройством, например, каткового типа (рис. 92) для перемещения по рельсовому пути.

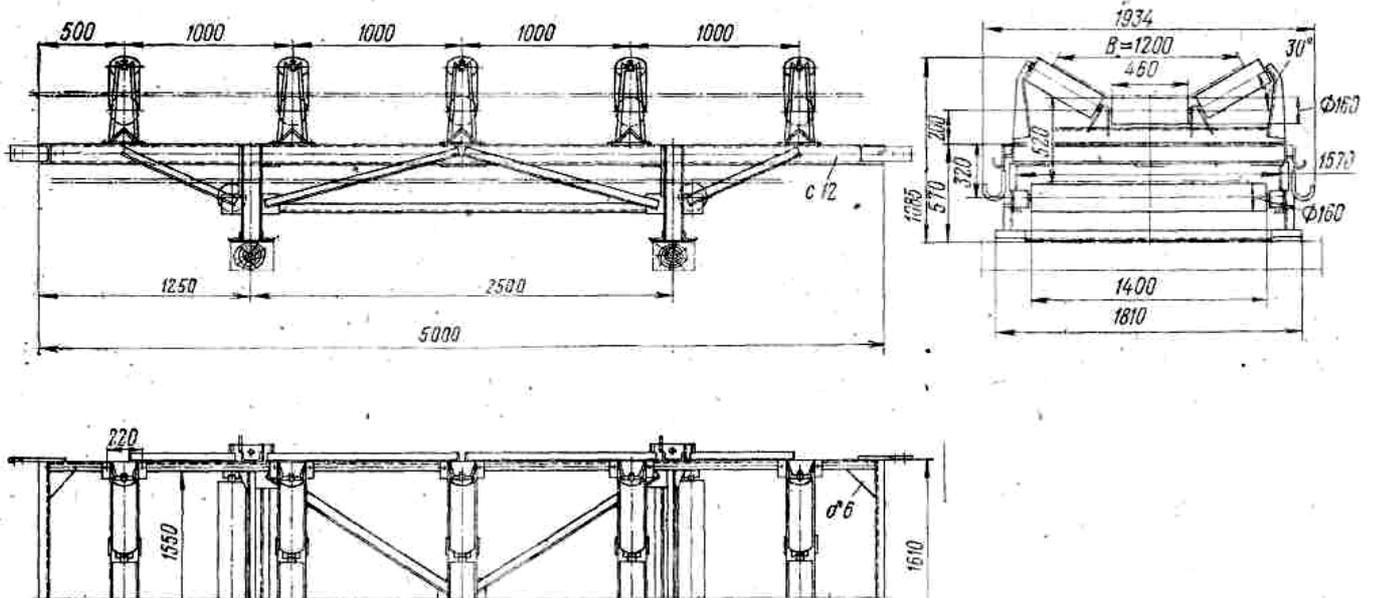


Рис. 91. Секция забойного (отвального) конвейера

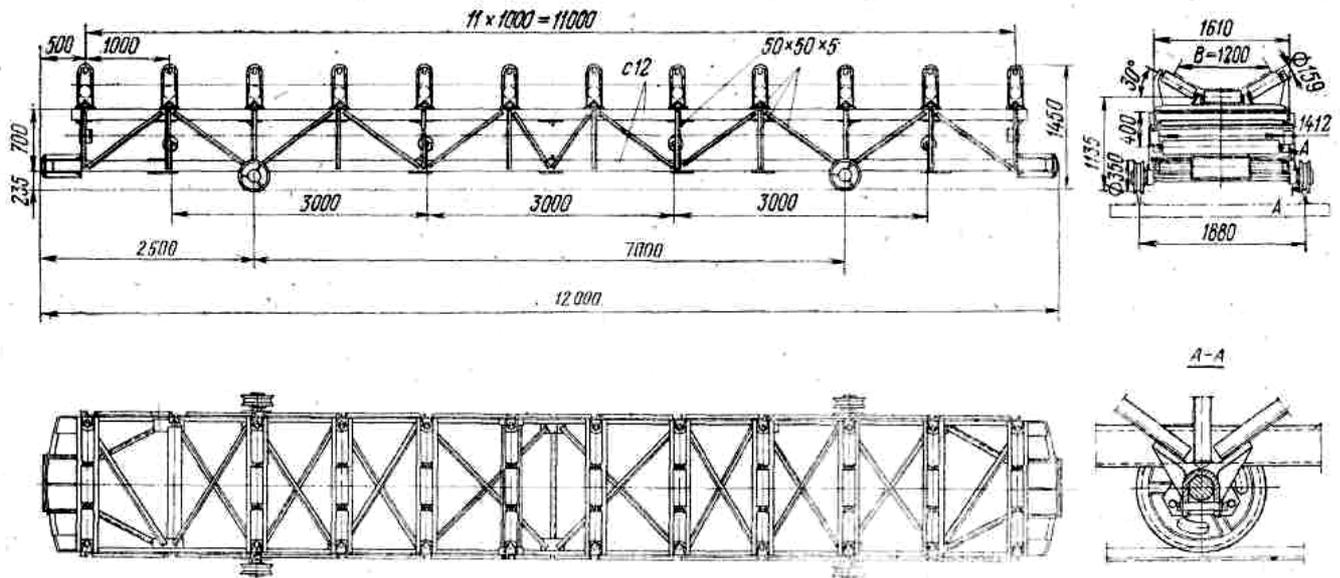


Рис. 92. Секция соединительного конвейера

§ 3. Привод конвейеров

Работа ленточного конвейера основана на принципе передачи тяговой силы трением.

Закон передачи тягового усилия трением был установлен в середине XVIII в. членом Петербургской академии наук Л. Эйлером. Для ленточного конвейера условие отсутствия скольжения (пробуксовывания) ленты по барабану имеет вид

$$S_{нб} \leq S_{сб} e^{\mu \alpha},$$

где $S_{нб}$ — натяжение ленты при набегании на приводной барабан;

$S_{сб}$ — натяжение ленты при сбегании с приводного барабана;

$e = 2,718$ — основание натуральных логарифмов;

μ — коэффициент трения между лентой и барабаном;

α — угол обхвата лентой барабана (или барабанов), рад.

Конвейерная лента, обладающая упругостью, на набегающей ветви имеет большую вытяжку, чем на сбегаящей. В связи с этим при вращении барабана происходит постоянное проскальзывание ленты от меньшего натяжения к большему.

При неполном использовании максимальной тяговой силы приводного барабана полный угол обхвата α разделяется на два угла (рис. 93). На дуге угла $\alpha - \alpha'$ натяжение ленты остается постоянным и равным $S_{нб}$, поэтому на этом участке не создается сила трения. Дуга угла α' называется дугой покоя.

На дуге угла α' натяжение падает от величины $S_{нб}$ до $S_{сб}$ по показательному закону, что сопровождается сокращением размеров ленты и ее скольжением по барабану. Эта дуга называется дугой скольжения.

При увеличении загрузки ленты при постоянном $S_{сб}$ угол α' увеличивается, а угол $\alpha - \alpha'$ уменьшается. При передаче максимального тягового усилия $\alpha' = \alpha$. Таким образом, соотношение дуги скольжения и дуги покоя определяет запас силы трения на приводном барабане.

Тяговая сила конвейера (наибольшая движущая сила, которая может быть передана барабаном на ленту) определяется как разность натяжений набегающей и сбегаящей ветвей:

$$W_0 = S_{нб} - S_{сб}$$

или

$$W_0 = S_{сб} (e^{\mu \alpha} - 1) = S_{нб} \frac{e^{\mu \alpha} - 1}{e^{\mu \alpha}}.$$

Наибольшее рабочее натяжение ленты

$$S_{нб} = W_0 \frac{e^{\mu \alpha} - 1}{e^{\mu \alpha}}.$$

Как видно, с увеличением μ и α при данном тяговом усилии натяжение $S_{нб}$ снижается.

Величина $S_{нб}$ обычно представляет собой наибольшее натяжение, по которому рассчитывают прочностные размеры ленты конвейера. Поэтому уменьшение $S_{нб}$ имеет существенное прак-

тическое значение.

Коэффициент трения ленты по барабану зависит в значительной мере от материала поверхности барабана. Угол обхвата изменяют применением привода с отклоняющим роликом или нескольких (два-три) приводных барабанов.

На рис. 94 показаны наиболее распространенные в карьерных условиях схемы привода конвейеров. Однобарабанный привод (рис. 94, а и б) применяется преимущественно для передвижных конвейеров. В этом случае обеспечивается наибольшая компактность привода. При необходимости создания конвейера большой длины однобарабанные приводы могут быть расположены как в голове, так и в хвостовой части установки.

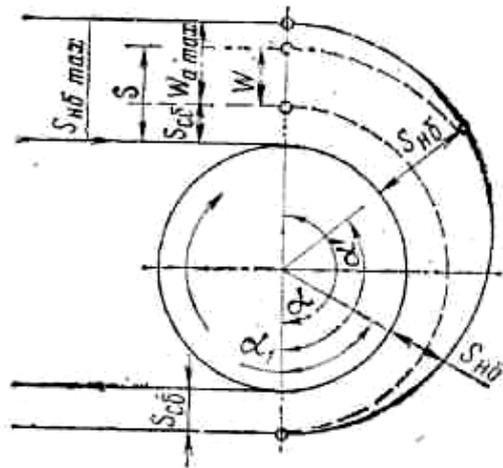


Рис. 93. Схема передачи тягового усилия

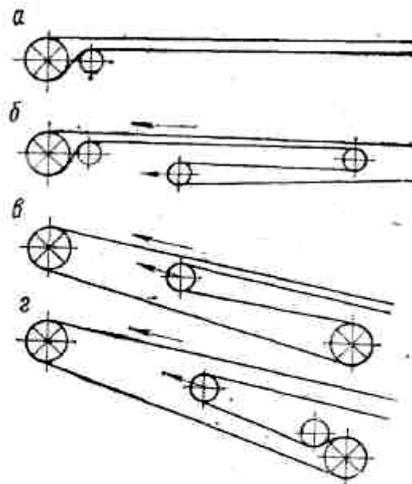


Рис. 94. Схемы привода карьерных ленточных конвейеров

Двухбарабанным приводом оборудуются мощные магистральные и подъемные конвейеры. При схеме привода, показанной на рис. 94, в и г, лента огибает оба барабана нерабочей стороной, свободной от налипающего материала. Конструктивно приводные станции конвейеров состоят из рамы (для передвижных конвейеров с ходовым устройством), приводных барабанов, электродвигателей, муфт, редукторов и аппаратуры управления конвейером.

Приводной барабан сварной конструкции состоит из металлического обода и двух дисков. Диаметр приводного барабана выбирается с учетом числа прокладок ленты и ее толщины. С увеличением диаметра барабана снижаются напряжения в ленте.

Для увеличения сцепления с лентой поверхность барабанов покрывают специальными материалами (футеровкой), имеющими повышенные фрикционные свойства. Высокий коэффициент трения достигается применением футеровки из рифленой резины. В этом случае вода, попадающая на ленту, выжимается в канавки, оставляя соприкасающиеся поверхности сухими.

На конвейерах в большинстве случаев используются высоковольтные (6 кВ) асинхронные двигатели с фазным ротором. Пуск двигателя многоступенчатый, осуществляется с помощью контакторных станций управления. При использовании асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором, а также при двухбарабанном приводе с отдельными двигателями плавность пуска и выравнивание нагрузки достигаются применением муфт (гидравлических, порошковых, магнитных и пр.).

Для передачи вращающего момента от вала двигателя на ведущий барабан служат редукторы. На карьерных конвейерах находят применение цилиндрические и цилиндрикоконические редукторы. Цилиндрические редукторы проще в изготовлении и эксплуатации, но значительно более массивны по сравнению с цилиндрикоконическими. Это особенно существенно для передвижных конвейеров.

В зависимости от назначения конвейера приводные станции выполняются стационарными или передвижными. Приводные станции современных конвейеров имеют вид больших технических сооружений. В зависимости от производительности конвейера, мощности привода и типа ходовой части основные размеры приводных станций изменяются в широких пределах: длина от 5 до 25 м, высота от 1,5 до 8—10 м, масса от 3—5 до 200—250 т.

Существует много типов хода приводных станций, разработанных в разных странах для различных конвейеров: колесный, гусеничный, шагающе-рельсовый, шагающий.

Для приводных станций относительно небольшой массы (до 20—30 т) нередко не преду-

сматривают специальных устройств для передвижки. Они монтируются на понтонах (рис. 95) и передвигаются тягачами.

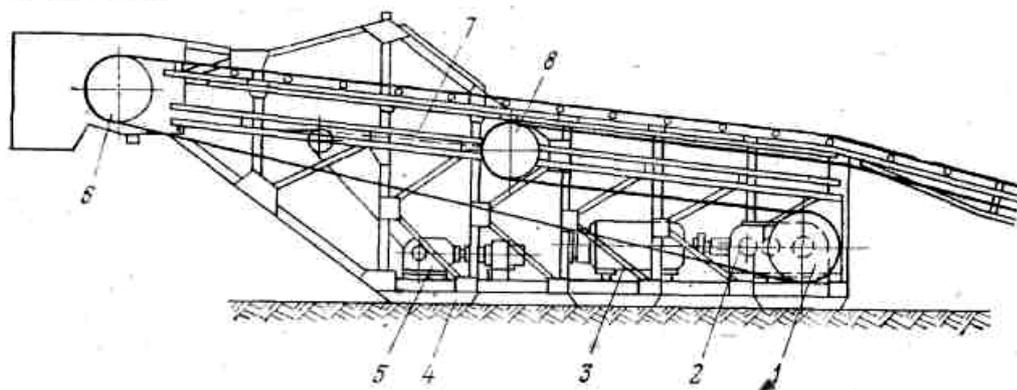


Рис. 95. Приводная станция на понтонах:

1 — приводной барабан; 2 — редуктор; 3 — двигатель; 4 — плиты для передвижки; 5 — привод лебедки натяжения ленты; 6 — разгрузочный барабан; 7 — направляющие для перемещения натяжного барабана; 8 — натяжной барабан

При большой массе применяют гусеничный (рис. 96) или колесно-рельсовый ход. В ФРГ находят применение шагающий ход для приводных станций передвижных конвейеров (рис.97). Выполняется он с применением трех или четырех гидравлических домкратов.

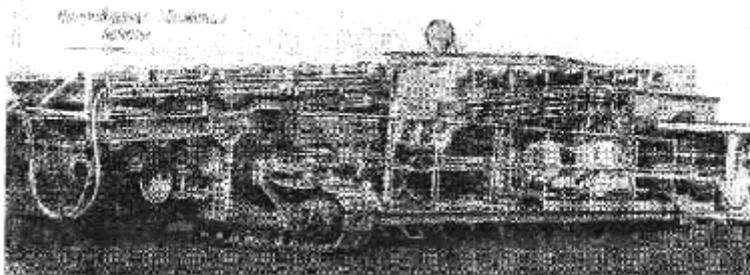


Рис. 96. Приводная станция на гусеничном, ходу

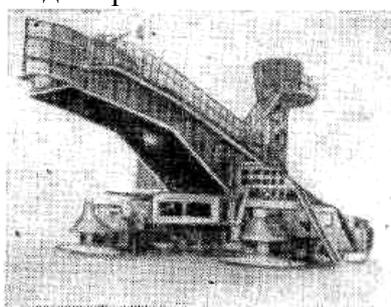


Рис. 97. Приводная станция на шагающем ходу

§ 4. Концевая часть и натяжное устройство

Концевая часть конвейера (рис. 98) состоит из барабана 1, батареи амортизирующих роликов 2 (в случае приема груза от предыдущего конвейера линии), расчалочного устройства 3, а иногда и натяжного устройства.

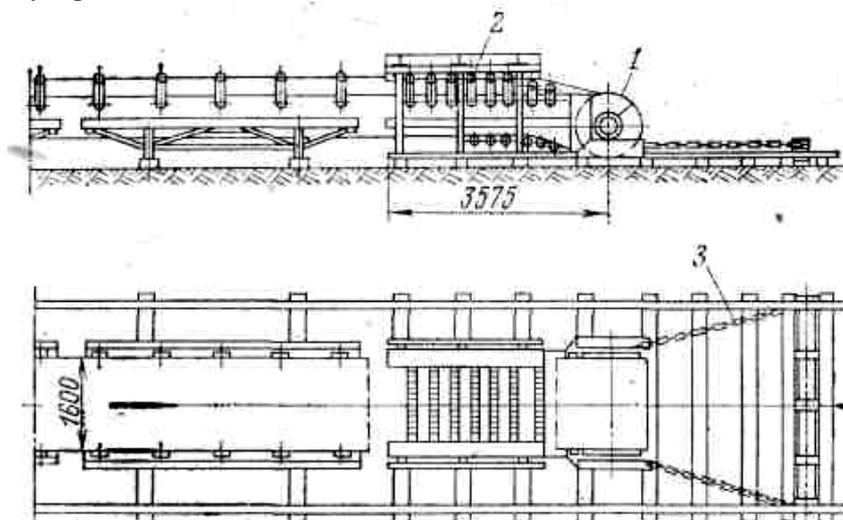


Рис. 98. Концевая часть конвейера

Натяжное устройство служит для сообщения ленте натяжения, необходимого для передачи тяговой силы трением, а также для ограничения провеса ленты между роликостопорами. Различают натяжные устройства винтового, грузового и лебедочного типа.

Натяжное устройство винтового типа состоит из натяжного барабана, рамы и натяжных винтов. Ось натяжного барабана вращается в подшипниках и одновременно с ними может перемещаться по направляющим рамы. Преимущества натяжного устройства винтового типа — простота, компактность конструкции и небольшая масса; недостаток — необходимость регулярной

подтяжки винтов из-за вытяжки ленты в процессе работы конвейера. Натяжное устройство такого типа размещается обычно на концевой части конвейера. Применяются натяжные устройства винтового типа на небольших конвейерах.

Натяжное устройство грузового типа (рис. 99) является автоматическим, так как обеспечивает постоянство Натяжения. К концевому барабану через систему блоков подвешивается груз, опускающийся по мере вытяжки ленты. Недостатком натяжных устройств грузового типа является громоздкость, поэтому применяются они только для стационарных конвейеров, длительное время работающих на одном месте. Поэтому в ряде конструкций применено малогабаритное натяжное устройство грузового типа. Натяжной канат в таких устройствах не крепится наглухо к грузу, а через блок и полиспаст соединен с барабаном лебедки. При опускании груза до определенного уровня срабатывают конечные выключатели, пускающие лебедку, и груз поднимается в исходное положение. Благодаря этому грузовое устройство значительно ниже.

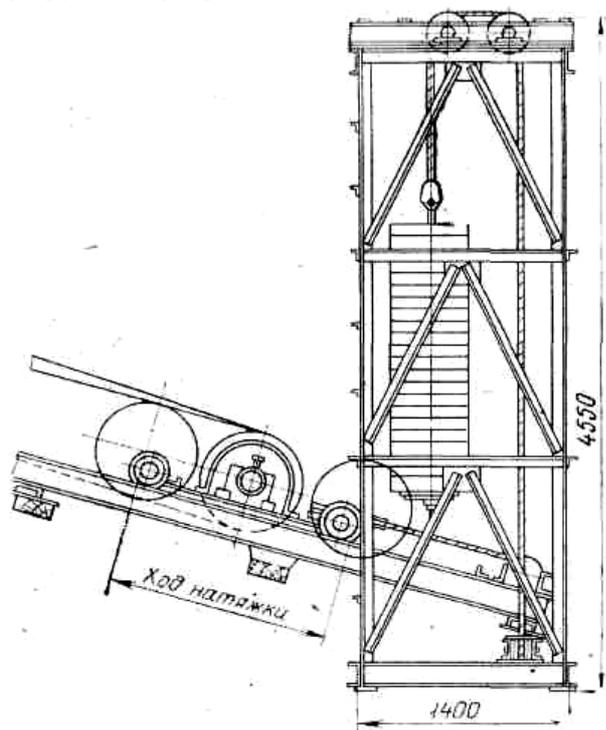


Рис. 99. Натяжное устройство грузового типа

На многих современных конструкциях конвейеров, особенно передвижных, натяжное устройство размещается не в концевой части, а в головной, непосредственно на приводной станции. Для горизонтальных конвейеров это целесообразно потому что именно у привода лента имеет наименьшее натяжение и следовательно, потребуется наименьшее усилие натяжного устройства. Кроме того, в этом случае все основное механическое оборудование сконцентрировано в одном месте, что упрощает уход и наблюдение за ним.

Натяжной барабан монтируется на тележке, перемещаемой лебедкой по направляющим. Подобная система позволяет автоматически с помощью датчиков менять натяжение ленты в зависимости от степени ее загрузки. В частности, на период пуска можно значительно усиливать натяжение во избежание пробуксовывания ленты.

§ 5. Вспомогательные устройства

Для нормальной эксплуатации конвейеров на открытых разработках в их комплект входят вспомогательные устройства и механизмы для обеспечения непрерывности потока загружаемого материала, смягчения ударов при погрузке и перегрузке разгрузки материала с конвейера на отвалах, передвижки конвейеров в карьерах.

Первые два условия выполняются с применением загрузочных устройств, устанавливаемых в пунктах загрузки конвейера и в пунктах перегрузки материала с одного конвейера на другой.

Погрузка на ленту должна осуществляться центрированно при скорости грузопотока, возможно близкой к скорости ленты'

В пункте перегрузки материала с конвейера на конвейер в простейшем случае предусматриваются лотки и батарея амортизирующих роликов. При увеличении скорости и большой производительности появляется необходимость в ленточных пластинчатых, вибрационных, валковых

или иного вида питателей.

Для загрузки конвейеров роторными экскаваторами используются передвижные бункеры-питатели (рис. 100). Бункер имеет колесный ход и перемещается по рельсам, предназначенным для передвижки конвейера.

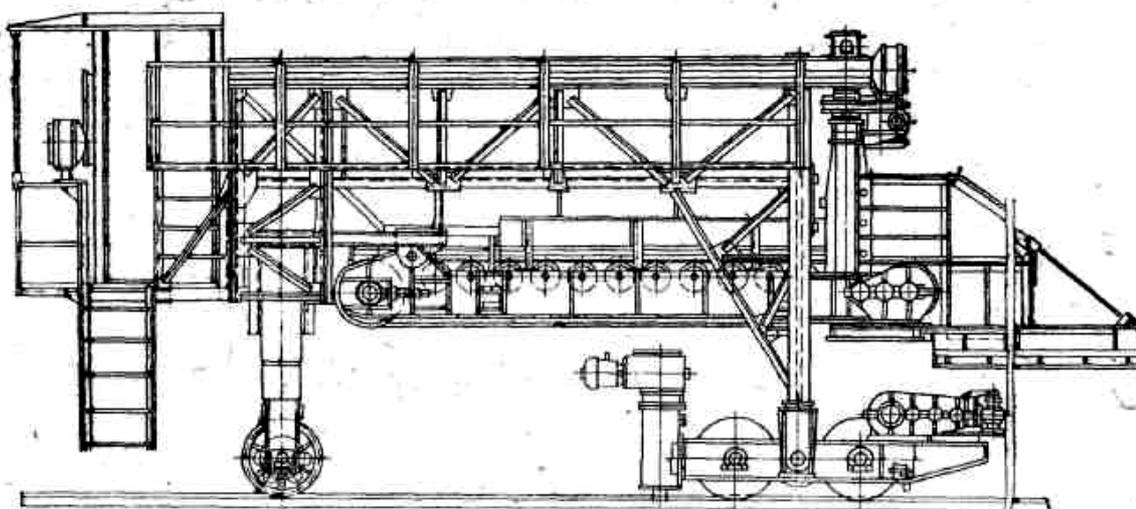


Рис. 100. Передвижной разгрузочный бункер-питатель

На отвалах возникает необходимость в разгрузке конвейера в различных точках по его длине в зависимости от местоположения отвалообразователя. Для этой цели служит двухбарабанная разгрузочная тележка (рис. 101). Подобно загрузочному бункеру разгрузочная тележка имеет колесный ход и движется по рельсам 1. Лента грузовой ветви приподнимается с роликов и, обогнув два барабана 2, вновь ложится на конвейерный став. При огибании верхнего барабана производится разгрузка конвейера на промежуточный поворотный питатель 3, а затем и на отвалообразователь.

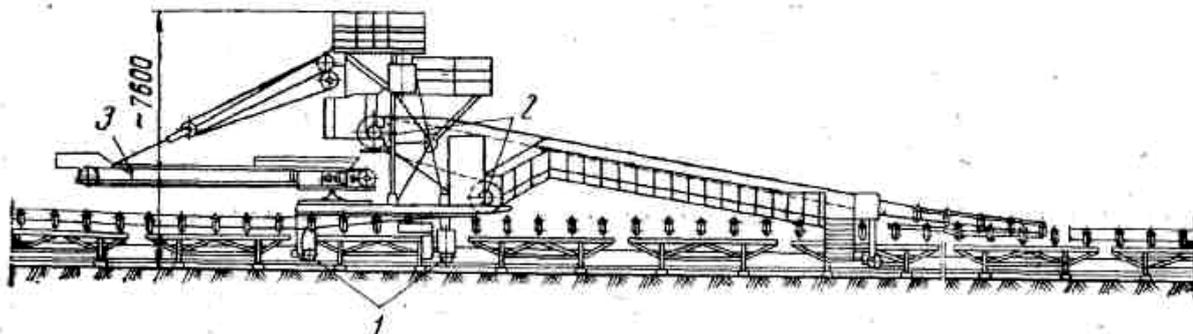


Рис. 101. Двухбарабанная разгрузочная тележка отвального конвейера

Для перемещения конвейеров на новую трассу применяются тракторные передвижчики непрерывного действия (рис. 102). Гусеничный или колесный трактор оснащается навесным оборудованием в виде роликовой головки, охватывающей головку рельса. Приподняв конвейер, передвижчик движется вдоль конвейерного става, волнообразно перемещая его в новое положение.

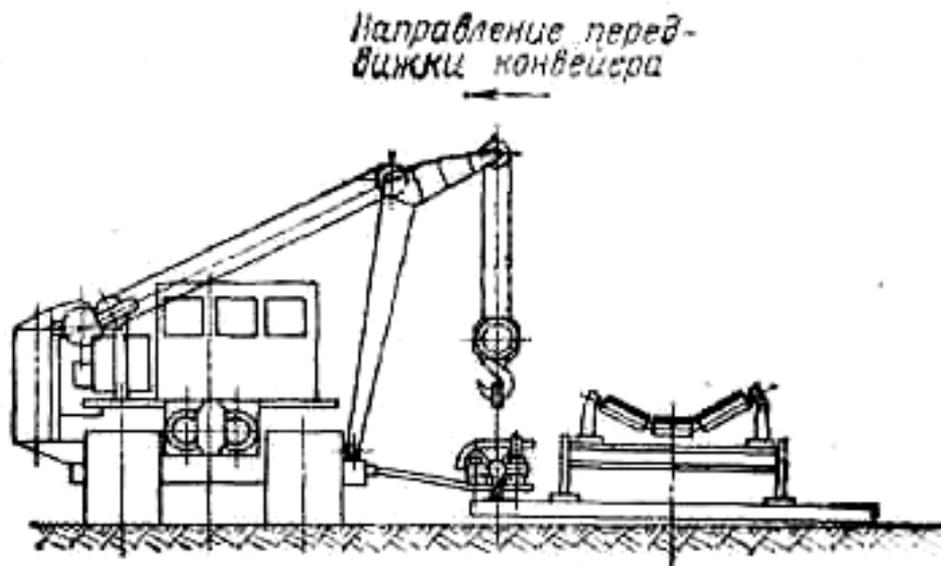


Рис. 102. Схема работы тракторного передвижчика конвейера

В схемах конвейерного транспорта на карьерах наряду со стационарными и передвижными конвейерами все большее распространение получают ленточные перегружатели, благодаря которым совершенствуется технология работ: удается переносить конвейер не после каждого прохода экскаватора, а реже; упрощается работа экскаватора с погрузкой на конвейер при врезке в новую заходку; становится возможным сокращение числа транспортных горизонтов при передаче горной массы с одного горизонта на другой.

§ 6. Типы конвейеров

В настоящее время в Советском Союзе изготавливается несколько типов конвейеров, используемых на открытых разработках (табл. 21).

Т а б л и ц а 21

Характеристика конвейеров

| Показатели | Тип конвейера | | | | |
|--|--------------------------------|-----------------|-------------------------------|---|-------------------------------------|
| | КЛ-500 | КЛЖ-800 | С-160 | КЛМЗ | НКМЗ |
| Ширина ленты, мм | 1000 | 1200 | 1600 | 1200 | 1800 |
| Скорость движения ленты, м/с | 2,26 | 2,58 | 1,6—3,15 | 3,6 | 4,35 |
| Производительность, т/ч | 500 | 800 | 1600—3150 | 1950* | 5000* |
| Длина конвейера при угле наклона 0°, м | 400 | 800 | 1100 | 800 | 500 |
| Тип привода | Двухбарабанный | Однорбарабанный | | | Двухбарабанный |
| Мощность привода, кВт | 75 | 150 | 400—800 | 400 | 1500 |
| Завод-изготовитель | Артемовский машиностроительный | — | Сызранский машиностроительный | Донецкий им. Ленинского Комсомола Украины | Новокраматорский машиностроительный |

* Производительность в м³/ч

Конвейеры используются в различных технологических схемах, для транспортирования угля, вскрышных пород, руды.

Канатно-ленточный конвейер КЛК-4 в качестве тягового органа имеет два стальных каната (рис. 103). Лента является только грузонесущим органом, благодаря чему число ее прокладок сокращено. Лента лежит на канатах, и движение ее осуществляется за счет трения между ней и канатами. На конечных станциях лента сходит с канатов и огибает разгрузочный и натяжной барабаны, а канаты, разведенные в стороны для пропуска ленты, огибают свои приводные, натяжные и направляющие шкивы. Канаты грузовой и холостой ветви движутся по направляющим блокам, установленным один от другого на расстоянии 5—6 м. Синхронность движения двух тяговых канатов достигается применением уравнильного привода.

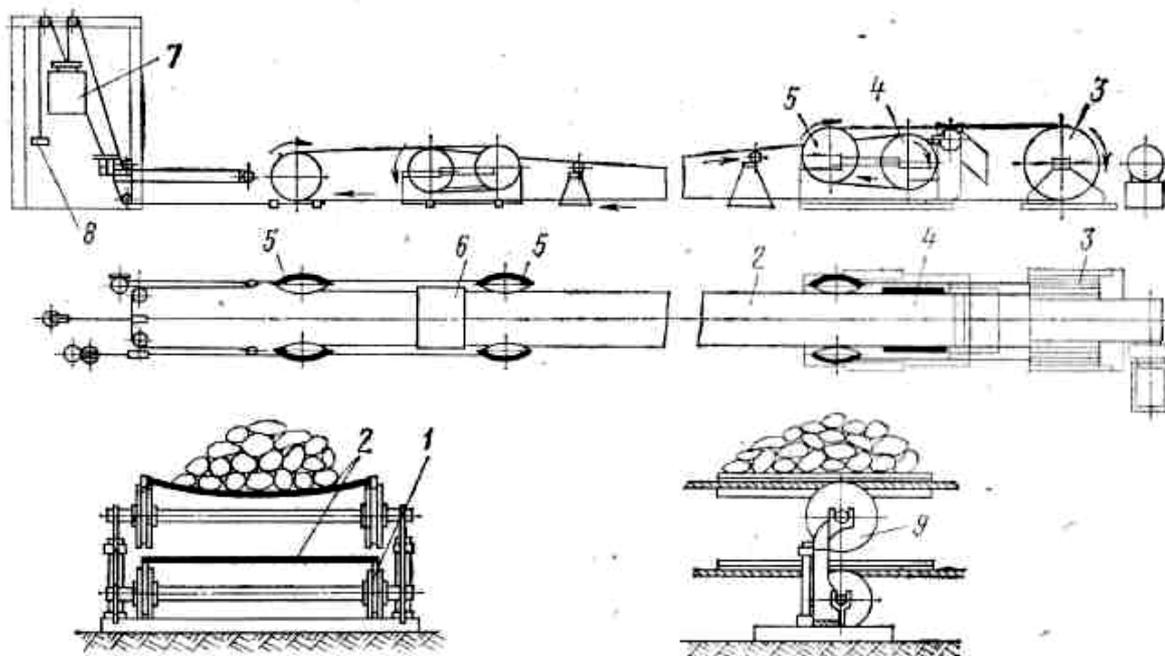


Рис. 103. Канатно-ленточный конвейер:

1 — канаты; 2 — лента; 3 — приводные шкивы для канатов; 4 — головной барабан для ленты; 5 — отклоняющие шкивы для канатов; 6 — хвостовой барабан для ленты; 7 — натяжной груз для канатов; 8 — натяжной груз для ленты; 9 — поддерживающие блоки

Преимущества канатно-ленточных конвейеров — меньшая масса и значительно более спокойное движение материала, что существенно при транспортировании крупнокускового материала, недостаток — усложненная конструкция привода и ограниченная производительность из-за небольшой скорости движения канатов.

Производительность конвейера составляет 870 т/ч, ширина ленты 900 мм, скорость движения 2,1 м/с, длина конвейера достигает 3800 м при угле наклона 2° .

Помимо совершенствования обычных ленточных конвейеров (применение ленты высокой прочности, увеличение скорости движения и др.) изыскиваются и создаются средства конвейеризации нового типа. Например, актуальная задача увеличения угла наклона конвейерных установок решается в двух направлениях: созданием конвейеров с покрытием и применением лент с выступами на рабочей поверхности.

Конвейеры с покрывающими лентами (рис. 104, а) были применены сначала на стрелах экскаваторов, а затем в качестве подъемных для выдачи горной массы из карьера по кратчайшему расстоянию. Покрывающая лента из цепей ложится на грузовую ветвь, прижимая материал и препятствуя его скатыванию вниз. Цепная лента приводится в движение вспомогательной прорезиненной лентой. В другом случае цепная лента отсутствует, а вспомогательная резиновая лента прижимается к основной пневматическими колесами типа автомобильных (рис. 104, б).

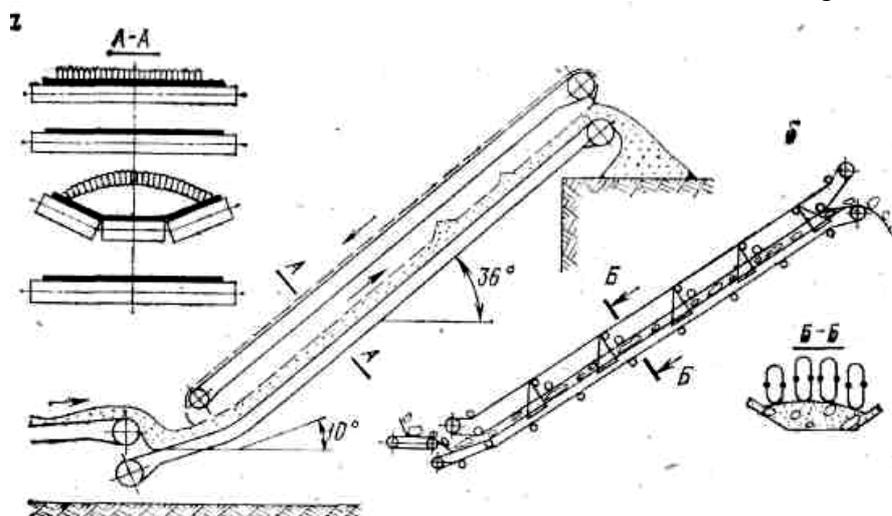


Рис. 104. Конвейеры для больших углов наклона

С применением специальных профилированных лент с высотой профиля около 15 мм уда-

ется повысить угол наклона примерно на 5° . Применение специальных перегородок повышает угол наклона конвейера до $25\text{--}35^\circ$. Недостатком таких конструкций являются затруднения при поддержании холостой ветви и при очистке ленты механическими средствами.

Для транспортирования крупнокусковых скальных пород создаются конвейеры разных типов.

Институтом геотехнической механики АН УССР разработана конструкция конвейера с податливыми роликами. Шарнирное крепление роликкоопор к стойкам секций и канатам повышает податливость каждого ролика. Благодаря этому снижаются удары на конструкцию конвейера при транспортировании крупнокусковых грузов.

Проф. А. О. Спиваковским предложена конструкция ленточно-колесного конвейера (рис. 105, *а*). Конвейер состоит из ходовых тележек с дугообразными траверсами (рис. 105, *б*), соединенных между собой цепями, которые фиксируют расстояние между тележками. На траверсах лежит лента. Связь между лентой и траверсами осуществляется только фрикционными силами, возникающими от прижатия ленты транспортируемым грузом. Таким образом, в конвейере имеются два замкнутых контура: один образован конвейерной лентой, выполняющей функции грузонесущего органа, другой — цепной, связанный с ходовыми тележками, поддерживающими грузонесущую ветвь ленты.

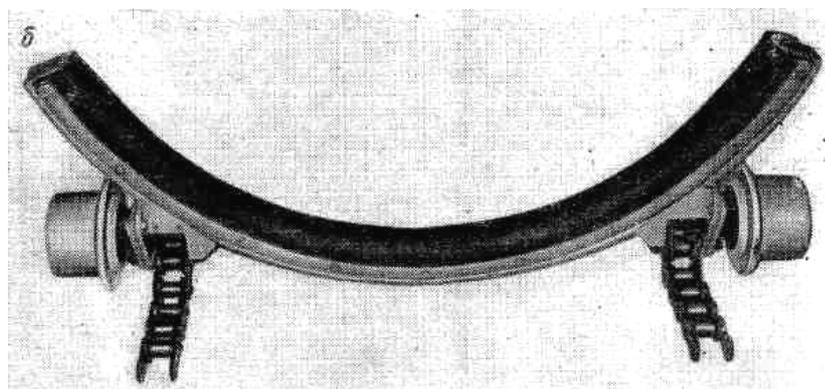


Рис. 105. Ленточно-колесный конвейер:
а — общий вид; *б* — тележка

При скорости 1,2 м/с и ширине ленты 1600 мм производительность конвейера с учетом максимального размера куска до 1 м составляет 2500 т/ч.

ГЛАВА 13. РАСЧЕТЫ ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ

§ 1. Производительность конвейера

Производительность конвейера Q (т/ч), являющегося транспортным средством непрерывного Действия, определяется количеством груза q (кг/м), приходящегося на единицу длины установки, и рабочей скоростью v (м/с)

$$Q = 3600 \frac{qv}{1000} = 3,6qv.$$

Массу q определяют из выражения

$$q = 1000F\gamma,$$

где F — площадь поперечного сечения материала на ленте, м²;
 γ — плотность насыпного груза, т/м³.

Тогда

$$Q = 3600Fv\gamma.$$

Площадь поперечного сечения материала на ленте определяется шириной и формой ленты. На плоской ленте площадь поперечного сечения принимают на основании практических данных в виде равнобедренного треугольника с основанием $b = 0,95B - 0,05$ и с углом при основании, равным углу естественного откоса перемещаемого материала на ленте φ .

Форма лотка зависит от числа и размера поддерживающих роликов. При трехроликовой опоре (табл. 22) площадь поперечного сечения материала на ленте составляется из треугольника F_1 (или параболического сегмента) и трапеции F_2 :

$$F_1 = \frac{(a + 2b_1 \cos \beta)^2}{4} \operatorname{tg} \beta;$$

$$F_2 = ab_1 \sin \beta + b_1^2 \sin \beta \cos \beta$$

где a — длина среднего ролика, м;

b — длина бокового ролика, м;

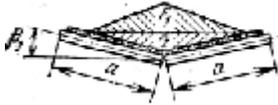
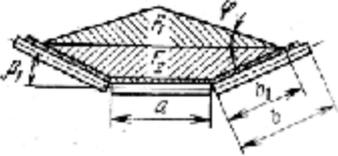
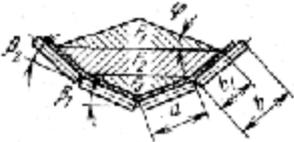
β — угол наклона боковых роликов;

b_1 — часть длины бокового ролика, занятая грузом, м.

С увеличением угла наклона боковых роликов до определенного предела возрастает нижняя часть площади поперечного сечения материала на ленте, зависящая от формы лотка, и уменьшается верхняя насыпная часть площади. В результате зависимость $F = f(\beta)$ имеет экстремальное значение, и при трех роликах равной длины площадь поперечного сечения материала на конвейерной ленте имеет наибольшее значение, когда угол наклона боковых роликов равен 53° (при угле откоса материала на движущейся ленте 15°).

Т а б л и ц а 2 2

Данные к определению производительности конвейера

| Тип опоры | Угол наклона ролика, градус | | C |
|---|-----------------------------|-----------|-----|
| | β_1 | β_2 | |
|  | 15 | — | 450 |
| | 20 | | 500 |
| | 38 | | 590 |
|  | 20 | — | 470 |
| | 30 | | 555 |
| | 35 | | 585 |
| | 40 | | 610 |
|  | 15 | 30 | 620 |
| | 18 | 36 | 660 |
|  | 22,5 | 22,5 | 630 |
| | 30 | 30 | 680 |
| | 36 | 25 | 690 |
| | — | — | 705 |

Вместе с тем для большинства конвейерных установок, применяемых в горной промышленности, угол наклона боковых роликов составляет 20—35°. Угол наклона 20° принят для лент небольшой ширины (до 800—1000 мм) с основой из хлопчатобумажной ткани. Более эластичные ленты с синтетической основой или резинотросовые допускают угол наклона 30—35°, а при использовании более гибкой ленты угол может быть увеличен.

Наибольшее значение площади поперечного сечения материала на ленте получается в случае придания лотку формы кубической параболы, для чего используют гибкую роликоопору. Достаточная степень приближения к максимальной площади достигается применением четырех- или пятироликовых опор.

Производительность ленточного конвейера в общем виде

$$Q = C(0,9B - 0,05)^2 vg,$$

где C — коэффициент, зависящий от угла откоса материала на ленте и от угла наклона роликов (см. табл. 2.2);

B — ширина ленты, м.

Площадь поперечного сечения материала на ленте наклонного конвейера несколько меньше, чем горизонтального, ввиду возникающего обратного осыпания груза, особенно в пунктах погрузки.

Снижение производительности наклонных конвейеров может быть учтено при использовании приведенных ниже поправочных коэффициентов.

Значение поправочного коэффициента

| | | | | | | |
|--|------------|------|------|------|------|-----|
| Угол установки конвейера α , градус | От 0 до 10 | 12 | 16 | 18 | 20 | 24 |
| Поправочный коэффициент k_α | 1 | 0,98 | 0,95 | 0,93 | 0,92 | 0,9 |

Таким образом, расчетным выражением для определения теоретической производительности конвейерных установок является Q (м³/ч):

$$Q = Ck_\alpha(0,9 - 0,05)^2 v$$

где k_α — коэффициент, учитывающий угол наклона конвейера.

Для бесперебойной работы и исключения перегрузок производительность ленточных конвейеров необходимо согласовывать с производительностью погрузочных экскаваторов.

Забойные ленточные конвейеры принято рассчитывать на производительность, которая на 10—15 % больше технической производительности экскаватора.

При определении производительности сборочных конвейеров следует принимать во внимание одновременность работы линий забойных конвейеров.

Производительность ленточного конвейера определяется шириной и скоростью движения ленты. От ширины конвейерной ленты зависят масса и выполнение конструкции конвейера, а также максимальная величина транспортируемого куска. От ширины ленты зависит и скорость ее движения (применение лент большой ширины целесообразно только при высоких значениях скорости).

Для условий открытых горных разработок наиболее целесообразно применение конвейерных лент шириной 1000, 1200, 1600 и 2000 мм. Впоследствии при освоении особо мощных экскаваторов ряд будет пополнен лентами шириной и 2400 мм.

Имеющийся опыт подтверждает возможность увеличения скорости движения до 5—7 м/с.

При транспортировании крепких руд и пород скорость движения принимается несколько меньшей (табл. 23): Это объясняется тем, что при транспортировании тяжелых пород повышается износ ленты ввиду более сильных ударов ее о поддерживающие ролики, теряется плавность движения и усложняется загрузка конвейера.

Т а б л и ц а 23

Значение скорости движения конвейерной ленты

| Производительность конвейера, м ³ /ч | Для рыхлых пород (м/с) | Для скальных пород и руд (м/с) |
|---|------------------------|--------------------------------|
| 400—750 | 2,0—3,0 | 1,5—2,5 |
| 1000—2200 | 3,0—4,0 | 2,0—3,0 |
| 2500—5000 | 3,0—5,0 | 2,5—4,0 |
| 6000—8500 | 4,0—7,0 | 2,5—4,5 |

Ширину конвейерной ленты, выбранную по производительности, следует проверить на возможность транспортирования кусков данной величины:

для грузов с кусками максимальной крупности α_{\max} в количестве до 15 %

$$B \geq (2,7 \div 3,2)a'_{\max};$$

для грузов, состоящих преимущественно из кусков,

$$B \geq (3,3 \div 4,0)a'$$

§ 2. Определение сопротивлений на конвейере

Согласно общему уравнению движения мощность привода конвейера расходуется на преодоление работы сил сопротивления движению.

1. Сопротивление на прямолинейных участках конвейера возникает вследствие трения в цапфах роликов, от качения ленты по роликам, а на наклонных конвейерах также и от составляющей веса.

Сопротивление на грузовой ветви конвейера $W_{zp}(H)$:

$$W_{zp} = [(q + q_n) \cos b + q'_p] L w' \pm (q + q_n) L \sin b \approx (q + q_n + q'_p) L w' \cos b \pm (q + q_n) L \sin b.$$

Сопротивление на порожней ветви конвейера

$$W_n = (q_n + \cos b + q''_p) L w' \pm q_n L \sin b \approx (q_n + q''_p) L w' \cos b \pm q_n L \sin b.$$

Для горизонтального конвейера:

$$W_{zp} = (q + q_n + q'_p) L w';$$

$$W_n = (q_n + q''_p) L w',$$

где L — длина конвейера, м;

w' — удельное сопротивление движению конвейерной ленты.

Величина сопротивления движению зависит от многих факторов: качества роликов и монтажа конвейера, толщины ленты, кусковатости материала и пр. С применением надежных роликов и при тщательном уходе за конвейерами сопротивление может быть принято равным 0,02—0,022 (20—22 Н/кН), при неблагоприятных условиях величина w' повышается до 0,03—0,05.

В приведенных формулах нагрузка q (Н/м) определяется по заданной производительности конвейера:

$$q = \frac{9,8Q}{3,6v} = \frac{2,7Q}{v}.$$

Вес ленты q_l (Н/м) определяется конструкцией ленты и материалом основы. Приблизительно

$$q_l = 9,8B\delta\gamma_l,$$

где B — ширина ленты, м;

δ — толщина ленты, мм;

γ_l — средняя плотность; для лент с хлопчатобумажными прокладками $\gamma_l = 1,1$ кг/дм³, для анидных лент $\gamma_l = 1,2$ кг/дм³, для резинотросовых лент $\gamma_l = 2$ кг/дм³.

Вес вращающихся частей роликов грузовой q'_p и холостой q''_p (Н/м) ветвей:

$$q'_p = \frac{G'_p}{l'},$$

$$q''_p = \frac{G''_p}{l''}$$

Расстояние между роликоопорами грузовой ветви составляет обычно $l' = 0,8 \div 1,2$ м (меньшие значения при транспортировании тяжелого кускового материала), для холостой ветви $l'' = 2 \div 3$ м.

Вес роликов, а следовательно, и их вращающихся частей, оказывающих сопротивление движению, зависит от ширины ленты, диаметра роликов и их конструкции. В табл. 24 приведены значения веса ленты, вращающихся частей роликоопор плоской (нижней) и лотковой (три ролика) ленты.

Т а б л и ц а 24

Вес вращающихся частей роликов и ленты

| Ширина ленты, мм | q'_p , Н/м | q''_p , Н/м | q_l (анидная), Н/м | q_l (резинотросовая), Н/м |
|------------------|--------------|---------------|----------------------|-----------------------------|
| 1000 | 340 | 80 | 380—520 | 580—660 |
| 1200 | 380 | 100 | 500—660 | 700—800 |
| 1600 | 510 | 140 | 800—1040 | 940—1160 |

| | | | | |
|------|-----|-----|-----------|-----------|
| 2000 | 590 | 170 | 1220—1360 | 1180—1340 |
| 1400 | 720 | 200 | 1640 | 1400—1600 |
| 2800 | 800 | 220 | 2000 | — |

Примечание. Расстояние между роликами грузовой ветви 1 м, холостой — 2,5 м.

2. Сопротивление на криволинейных участках возникает как дополнительное сопротивление при огибании лентой отклоняющих роликов и хвостовых барабанов. Оно вызывается трением в цапфах роликов или барабанов, качением по ним ленты, а также упругостью ленты, сгибаемой при набегании на барабаны и разгибаемой при сбегании. Практически величина сопротивления на блоках, барабанах и батареях роликов составляет 3—5 % величины натяжения ленты в точке набегания на данный криволинейный участок при угле обхвата 90° и 5—7 % при угле обхвата 180° .

Сопротивление на приводном барабане составляет 3—5 % суммы натяжений на набегающей и сбегающей ветвях

$$W_{np} = (0,03 \div 0,05)(S_{нб} + S_{сб})$$

3. Дополнительные сопротивления возникают в отдельных точках по длине конвейера (в пунктах погрузки и разгрузки, а также в местах очистки ленты различными устройствами).

§ 3. Определение мощности привода

Мощность привода конвейерной установки можно определить точным методом обхода по контуру ленты или приближенным методом.

Метод обхода контура ленты

Контур, образуемый лентой конвейера, разбивается на прямые и криволинейные участки (рис. 106). Точки сопряжения участков нумеруются, начиная от точки сбегания ленты с приводного барабана. Далее,

последовательно обходя контур по точкам, определяют натяжение набегающей и сбегающей ветвей и мощность привода. Правилom расчета натяжений является: натяжение тягового органа в каждой последующей по его ходу точке контура равно натяжению в предыдущей точке плюс сопротивление на участке между этими точками, т. е.

$$S_i = S_{i-1} + W_{(i-1)-i}$$

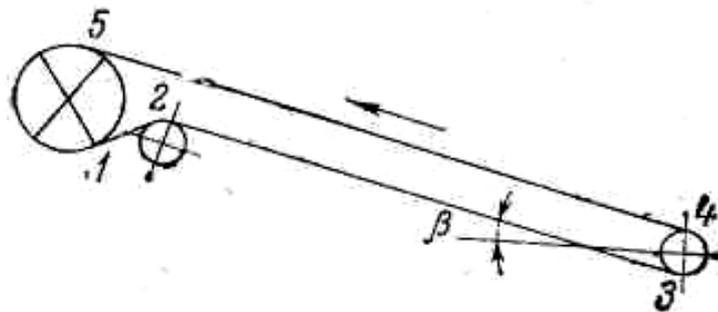


Рис. 106. Схема к расчету конвейера «по контуру»

По схеме, показанной на рис. 106, натяжение ленты в точке 1 при сбегании с приводного вала равно S_1 .

Натяжение в точке 2 (угол обхвата лентой отклоняющего барабана 90°)

$$S_2 = S_1 + W_{откл} = S_1 + 0,04S_1 = 1,04S_1$$

Натяжение в точке 3

$$S_3 = S_2 + W_n = 1,04S_1 + W_n$$

Натяжение в точке 4 (угол обхвата лентой натяжного барабана 180°)

$$S_4 = S_3 + W_n = S_3 + 0,06S_3 = 1,06S_3 = 1,06(1,04S_1 + W_n)$$

Натяжение в точке 5

$$S_5 = S_4 + W_{zp} = 1,06(1,04S_1 + W_n) + W_{zp}$$

С другой стороны, между натяжениями в точках 5 и 1 (являющихся точками набегания ленты на приводной барабан и сбегания ее с барабана) имеет место зависимость

$$S_5 = S_1 e^{\mu\alpha}$$

Значения $e^{\mu\alpha}$ для расчетов могут быть приняты по табл. 25.

Зная α и μ и решая, совместно уравнения, определяют S_1 а затем все остальные значения натяжений ленты.

Тяговое усилие, развиваемое приводом конвейера,

$$W_0 = S_{нб} - S_{сб} = S_5 - S_1$$

или с учетом сопротивления на приводном барабане .

$$W_0 = S_{нб} - S_{сб} + W_{пр} = S_{нб} - S_{сб} + (0,03 \div 0,05)(S_{сб} + S_{нб})$$

Т а б л и ц а 2 5

Значения $e^{\mu\alpha}$

| Вид барабана, атмосферные условия | Коэффициент сцепления | При угле обхвата α | | | | | | | |
|--|-----------------------|---------------------------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| | | в градусах | | | | | | | |
| | | 180 | 210 | 240 | 300 | 360 | 400 | 450 | 480 |
| | | в радианах | | | | | | | |
| | | 3,14 | 3,66 | 4,19 | 5,24 | 6,28 | 7,0 | 7,85 | 8,38 |
| Чугунный или стальной, очень влажная атмосфера | 0,1 | 1,37 | 1,44 | 1,52 | 1,69 | 1,87 | 2,02 | 2,19 | 2,32 |
| С деревянной или резиновой футеровкой, очень влажная атмосфера | 0,15 | 1,6 | 1,73 | 1,87 | 2,19 | 2,57 | 2,87 | 3,25 | 3,51 |
| Чугунный или стальной: влажная атмосфера | 0,20 | 1,87 | 2,08 | 2,31 | 2,85 | 3,51 | 4,04 | 4,84 | 5,34 |
| сухая атмосфера | 0,30 | 2,56 | 3,00 | 3,51 | 4,81 | 6,59 | 8,17 | 10,50 | 12,35 |
| С деревянной футеровкой, сухая атмосфера | 0,35 | 3,00 | 3,61 | 4,33 | 6,27 | 9,02 | 11,62 | 15,60 | 18,78 |
| С резиновой футеровкой, сухая атмосфера | 0,4 | 3,51 | 4,33 | 5,34 | 8,12 | 12,35 | 16,41 | 23,00 | 28,56 |

Мощность двигателя N (кВт)

$$N = \frac{W_0 v k_n}{1000 h},$$

где $\eta = 0,93 \div 0,95$ — к. п. д. редуктора; k_n — коэффициент, учитывающий увеличение мощности во время пуска; $k_n = 1,25$.

При транспортирования материала вниз под большим углом конвейер является самодействующим, т. е. движущимся под действием веса груза. Тогда, $S_{сб} = S_1 > S_{нб} = S_5$, тяговое усилие $W'_0 = S_1 - S_5$ и мощность

$$N_c = \frac{W'_0 v h}{1000}$$

Приближенный метод

Мощность на валу приводного барабана N_0 (кВт) определяется как сумма мощностей, затрачиваемых на холостой ход конвейера и транспортирование материала на длину L по горизонтали, и мощности, необходимой для объема груза на высоту H :

$$N_0 = \left[\frac{k w' L}{367} (3,6 q_{дв} v + Q) + \frac{QH}{367} \right]$$

где k — коэффициент, учитывающий сопротивление на концевых барабанах в зависимости от длины установки (при увеличении длины от 100 до 500 м величина k снижается с 1,5 до 1,15, при увеличении длины до 1000 м значение k снижается до 1,05);

$q_{дв}$ — вес движущихся частей конвейера (ленты и роликов грузовой и холостой ветвей), Н-м;

Q — производительность конвейера, т/ч.

Для ориентировочных предварительных расчетов мощность на приводном барабане можно оценить по выражению

$$N_0 = \frac{Q}{367} (Lw + H)$$

где ω — приведенный коэффициент сопротивления движению; обычно ω больше ω' в 1,3—1,5 раза.

Мощность двигателя N (кВт)

$$N = \frac{k_n N_0}{h}.$$

Отнесем значение мощности конвейера к единице длины, имея в виду, что $H = L \sin \beta$. Тогда

$$N_n = \left[\frac{kW'}{367} (3,6q_{06}v + Q) + \frac{Q \sin \beta}{367} \right] k_3$$

где $\sin \beta$ — величина, соответствующая подъему груза на пути в 1 м

$$k_3 = \frac{k_n}{h}$$

§ 4. Длина конвейерного става и расчет ленты на прочность

Предельная длина конвейерного става определяется рабочей нагрузкой и конструкцией ленты.

Максимальное рабочее натяжение ленты S_{max} (Н)

$$S_{max} = W_0 \frac{e^{\mu\alpha}}{e^{\mu\alpha} - 1},$$

где W_0 — тяговое усилие конвейера, Н;

μ — коэффициент трения между лентой и барабаном;

α — угол обхвата приводного барабана лентой.

Поскольку

$$W_0 = \frac{1000N_n L}{vk_3}$$

где N_n — мощность конвейера, отнесенная к единице длины, кВт/м;

L — длина конвейерного става, м;

v — скорость движения ленты, м/с;

имеем

$$S_{max} = \frac{100N_n L}{vk_3} \frac{e^{\mu\alpha}}{e^{\mu\alpha} - 1}.$$

Угол обхвата может быть увеличен. В одних случаях нужный угол обхвата достигается применением обычного одно- или двухбарабанного привода и расположением его в голове конвейерного става. В качестве приводных может быть использован как головной, так и хвостовой барабан, благодаря чему возможно реверсирование конвейера. При таком исполнении конвейера рабочее натяжение ленты несколько меньше, чем в случае применения обычного двухбарабанного привода, т. е. конвейерный став может быть выполнен более длинным.

Полученные значения рабочих натяжений позволяют установить зависимость допустимой длины конвейерного става от ширины ленты при различной ее конструкции.

Для тканевых лент допустимая рабочая нагрузка по условию прочности ленты S_{don} (Н)

$$S_{don} = \frac{Bik_p}{n},$$

где B — ширина ленты, см;

i — число прокладок;

k_p — разрывное усилие на 1 см ширины прокладки;

n — запас прочности ленты.

При условии $S_{don} = S_{max}$ предельная длина конвейера с анидной лентой

$$L = \frac{Bik_p vk_3}{1000N_n n} \frac{e^{\mu\alpha} - 1}{e^{\mu\alpha}}.$$

Приведенное выражение позволяет определить предельную длину как горизонтального, так и наклонного конвейера, если подставлять в него соответствующие значения мощности N_n .

Можно решить и обратную задачу по "определению требуемого числа прокладок в ленте из условия прочности при наибольшем ее натяжении. Точкой наибольшего натяжения является точка набегания ленты на приводной барабан (где $S_{max} = S_{нб}$). Число прокладок

$$i = \frac{S_{\max} n}{Bk_p}$$

Для резинотросовых лент допустимая рабочая нагрузка

$$S_{\text{дон}} = \frac{S_{np} d^2 z_n z_m p \cdot 0,85}{2n},$$

где σ_{np} — предел прочности проволок на растяжение, Н/м²;

d — диаметр проволок, мм;

z_n — число проволок троса;

z_m — число тросов в ленте;

n — запас прочности троса;

0,85 — коэффициент, учитывающий неравномерность натяжения тросов.

Тогда предельная длина конвейера с резинотросовой лентой L (м)

$$L = \frac{S_{np} d^2 z_n z_m \nu k_3 e^{m\alpha} - 1}{152 N_n n e^{m\alpha}}.$$

Необходимое усилие на натяжном устройстве, при котором обеспечивается нормальная работа конвейерной установки, определяется как сумма натяжений ленты в точках набегания на натяжной барабан и сбегания с него. По рис. 106 вес натяжного груза $P = S_3 + S_4$.

Наименьшее натяжение ленты на грузе (точка 4) должно быть проверено по условию допустимого провеса ленты между роlikоопорами f (м)

$$f = \frac{(q + q_l) l_p'^2}{8S_{\min}}$$

Допускаемый провес рекомендуется

$$f \leq 0,025 l_p'$$

где l_p' — расстояние между роliками грузеной ветви, м.

ГЛАВА 14. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ

§ 1. Эксплуатация конвейерного транспорта

В Советском Союзе и в мировой практике накоплен значительный опыт эксплуатации конвейерного транспорта, способствующий проектированию, изготовлению и внедрению конвейеров в широких масштабах. За последние годы на карьерах проведена модернизация применявшихся прежде конвейеров.

Ленточные конвейеры доставляются к местам установки в разобранном виде отдельными узлами (лента в рулонах, приводная и натяжная станции, роликоопоры, секции).

Продольная ось конвейера должна быть прямолинейной. Изгибы в вертикальной плоскости допустимы, однако они не должны быть резкими, чтобы не происходило приподнимания ленты над роликами или слишком сильного нажатия на ролики. Поэтому до установки конвейера тщательно готовят площадку (выравнивают неровности почвы и подготавливают основание для конвейерного става).

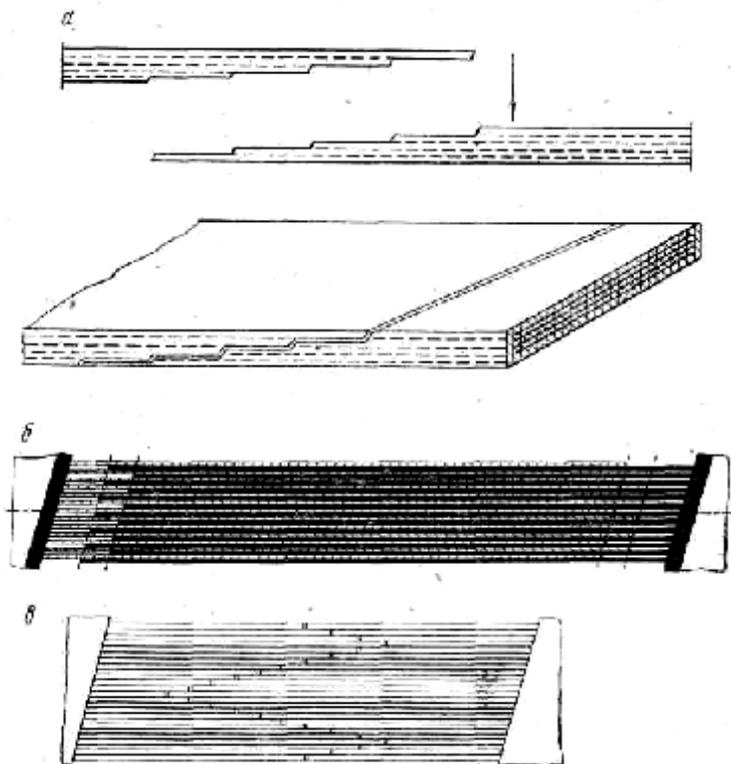
Монтаж конвейера начинается с установки и закрепления приводной и натяжной станций.

При этом тщательный монтаж ленточного конвейера — обязательное условие его нормальной работы.

Конвейерную ленту навешивают со стороны Натяжной станции. Рулон ленты устанавливают на козлах в хвосте конвейера и к концу ленты прикрепляют трос. Ленту укладывают, протягивая ее по нижним роликам к приводному барабану. Затем включают двигатель конвейера и с помощью приводного барабана, направление вращения которого в этом случае противоположно направлению вращения при работе конвейера, протягивают ленту по верхним роликам. После соединения концов ленты ее натягивают.

По окончании установки конвейера его опробуют на холостом ходу и устраняют неисправности. Возможное сбегание ленты устраняют правильной установкой приводного и натяжного барабанов и роликоопор.

Наиболее совершенным является соединение конвейерной ленты методом горячей вулканизации, который заключается в следующем. Концы ленты с тканевой основой срезаются под углом ступеньками по числу прокладок (рис. 107, *a*). Подготовленные поверхности покрывают резиновым клеем и накладывают друг на друга, предварительно проложив между ними лист сырой резины. Затем концы ленты сжимают переносным прессом с электрическим обогревом. Давление при вулканизации 50—70 Н/см², температура 138—143 °С, продолжительность операции 18—20 мин. Вулканизируют стык в несколько приемов с последовательным передвижением плит пресса. После часового охлаждения ленты с вулканизированным стыком можно пускать в работу.



Вулканизационные аппараты можно использовать также и для ремонта конвейерных лент (наложения заплат, ликвидации порезов).

Конвейерные ленты с основой из металлических тросов (рис. 107 *б, в*) соединяют только методом вулканизации. Длина стыка при этом достигает 1,0—1,5 м.

В результате эксплуатации конвейеров для транспортирования угля и вскрышных пород выявились некоторые обстоятельства, на которые следует обращать особое внимание при широком внедрении конвейерного транспорта.

1. Необходимо особо тщательный уход за конвейерной лентой. Все самые незначительные повреждения должны немедленно исправляться. Для этого нужен ежедневный осмотр и ремонт ленты специальной бригадой (во время остановок, предусмотренных для этой цели). При этом необходима холодная вулканизация, затраты времени на которую на 30—40 % меньше, чем на горячую.

2. Основными пунктами возникновения повреждений ленты являются места перегрузки материала, поскольку от ударов кусками горной массы повреждается лента и выходят из строя поддерживающие ролики. Необходимо предусматривать амортизирующие ролики и питатели.

3. Из всех известных средств очистки конвейерной ленты (плужки, скребки, щетки различных типов и пр.) от налипающего и намерзающего материала практически не найдено средств очистки ленты на коротком расстоянии. Иногда на конвейерах в пунктах перегрузки предусматривают специальные конвейеры длиной 6—8 м, на которые падает очищаемый материал и передается затем на следующий конвейер линии. Более действенной является очистка ленты на всей длине конвейера резиновыми шайбами или спиральными роликами. Однако последние приводят обычно к большому износу ленты.

4. Сравнение систем смазки роликов подтверждает целесообразность применения долговременной смазки. При применении роликов с обычной индивидуальной смазкой требуется многочисленный обслуживающий персонал.

Опыт эксплуатации конвейерного транспорта в СССР подтвердил ряд его эксплуатационных преимуществ.

Пути повышения эффективности конвейерного транспорта являются увеличение производительности конвейеров, увеличение срока службы лент, автоматизация конвейерных линий и сокращение объема немеханизированных вспомогательных процессов.

Преимущества применения конвейерного транспорта при разработке глубоких карьеров делают целесообразным его использование для транспортирования не только рыхлых пород и угля, но и скальных пород и руды.

Конвейеры, предназначенные для этих условий, должны иметь несколько иное конструктивное выполнение ввиду увеличенных погонных нагрузок. Особые требования предъявляются к конвейерной ленте, транспортирующей крупнокусковой скальный материал.

В настоящее время работы в области конвейерного транспорта проводятся в направлении совершенствования конструкций конвейеров и создания вспомогательных средств и устройств для обеспечения нормальной работы установок:

- исследование средств и способов передвижки конвейеров, т. е. создание машин, проводящих весь комплекс работ;
- выбор оптимального привода для конвейерных установок с различными параметрами;
- исследование средств и способов очистки барабанов и лент от налипающего и намерзающего материала;
- создание конструкций высокопрочных и износостойчивых конвейерных лент;
- совершенствование конструкции погрузочных и перегрузочных пунктов, особенно при работе на высоких скоростях движения, с целью повышения срока службы ленты;
- создание средств вспомогательной механизации для текущего обслуживания и ремонта конвейеров;
- автоматизация конвейерных линий;
- вопросы эксплуатации конвейеров в зимнее время.

§ 2. Эксплуатационные показатели конвейерного транспорта

При выборе параметров схем поточной технологии решающим является обеспечение за-

данной производительности системы при минимальных расходах. Это определяется уровнем транспортирующей способности систем и параметрами оборудования, входящего в технологическую систему.

Большое число схем конвейерного транспорта, применяемых на карьерах, сводится к трем основным структурным схемам (рис. 108), каждая из которых применяется как самостоятельно, так и в сочетании с другими.

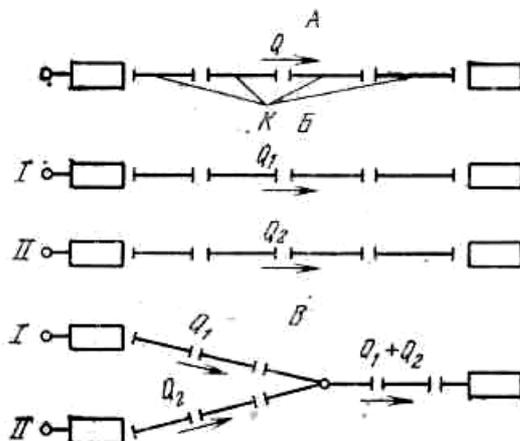


Рис. 108 Структурные схемы конвейерного транспорта

Схема А представляет собой систему последовательно соединенного оборудования, состоящую из экскаваторов, ленточных конвейеров и отвалообразователя. Это наиболее распространенная схема, которая входит в состав многих сложных систем. Схема Б представляет собой систему оборудования, расположенного параллельно и участвующего в технологическом процессе независимо друг от друга. Каждая линия в схеме Б может быть представлена отдельными машинами либо цепочкой оборудования, соединенного последовательно.

При разработке вскрыши большой мощности и большой протяженности фронта работ производится объединение грузопотоков в забое, либо на отвале. Основной структурной схемой с объединением грузопотоков является схема В.

Надежность работы комплексов машин непрерывного действия зависит от структурной сложности схем транспортирования. Для линейных схем характерна «жесткая» связь между ее элементами, вследствие чего отказ даже одной машины приводит к вынужденному простоям всей системы. У систем с параллельно работающими линиями оборудования жесткая связь существует только между машинами линий; в связи с этим системы такого типа наиболее надежны. Разветвленные схемы по надежности работы уступают схемам с параллельно работающими линиями оборудования, но превосходят линейные схемы, наименее надежные.

Процесс работы горнотранспортной системы характеризуется показателями интенсивности отказов λ и интенсивности восстановления μ , а также коэффициентом неисправности $c = \frac{\lambda}{\mu}$, отражающим относительное время простоев по причине аварий.

Транспортирующая способность горнотранспортных систем непрерывного действия определяется как математическое ожидание ее производительности за достаточно большой промежуток времени. Основными компонентами, формирующими транспортирующую способность, являются время эффективной работы и техническая производительность, соответствующая каждому работоспособному состоянию.

Для схемы с последовательным соединением элементов транспортирующая способность системы D (м^3) определяется по формуле

$$D = \frac{T_p Q_m}{1 + \sum_1^n c}$$

где T_p — время работы системы конвейеров, ч;

Q_m — техническая производительность конвейеров, $\text{м}^3/\text{ч}$;

c — коэффициент неисправности конвейера;

n — число конвейеров в линии.

Для схемы с параллельной работой отдельных конвейерных линий

$$D = \frac{T_p Q_1}{1 + c_{c1}} + \frac{T_p Q_2}{1 + c_{c2}} + \mathbf{K} + \frac{T_p Q_k}{1 + c_{ck}},$$

где Q_1, Q_2, Q_k — техническая производительность соответственно 1-й, 2-й, k -й линии последовательно соединенных машин;

$\chi_{c1}, \chi_{c2}, \chi_{ck}$ — коэффициенты неисправности каждой линии. Для схемы с объединением Грузопотоков транспортирующая способность системы, когда все сходящиеся ветви имеют равные показатели надежности,

$$D = T_p [(Q_1 + Q_2)p_1 + Q_1 p_2 + Q_2 p_3]$$

где

$$p_1 = \frac{m + m_{III} + I_{III}}{(m + m_{III} + I_{III}) + 2c(m + m_{III}) + c_{III}(m + m_{III} + 2I + I_{III}) + c^2(m + m_{III}) + 2cI_{III}},$$

$$p_2 = p_3 = \frac{c(m + m_{III})}{(m + m_{III} + I_{III}) + 2c(m + m_{III}) + c_{III}(m + m_{III} + 2I + I_{III}) + c^2(m + m_{III}) + 2cI_{III}}$$

Коэффициентам неисправности 0,02—0,05, которыми характеризуется оборудование конвейерного транспорта, соответствуют значения коэффициента готовности в интервале 0,98—0,95. В то же время коэффициент готовности технологических конвейерных схем в карьерах в целом составляет 0,6—0,75.

РАЗДЕЛ IV. КОМБИНИРОВАННЫЙ ТРАНСПОРТ

Каждому из рассмотренных видов транспорта свойственны преимущества и недостатки, определяющие наиболее рациональную область его применения. Вместе с тем большое различие в горнотехнических условиях разработки многих месторождений приводит к тому, что становятся целесообразными различные комбинации отдельных видов транспорта. Особенно ощутима эта необходимость при разработке глубоких месторождений или при большой дальности откатки, когда использование какого-либо одного вида карьерного транспорта не обеспечивает наибольшую экономичность разработки месторождения.

Схемы комбинированного транспорта состоят обычно из трех звеньев: транспорт в пределах карьера, подъем на поверхность и транспорт на поверхности до пунктов разгрузки. Возможны схемы применения различных видов транспорта на каждом из звеньев. Вместе с тем получают применение схемы, где один вид транспорта используется в пределах карьера, а другой — для транспортирования горной массы на подъем и на поверхности.

Преимуществом схем комбинированного транспорта является возможность использования различных видов транспорта только на тех участках, где они наиболее эффективны, а их недостатком — необходимость эксплуатации различных транспортных средств, а также неизбежность и пунктов перегрузки, усложняющих технологический процесс и организацию работ.

Основное распространение получили следующие виды комбинированного транспорта: автомобильного с железнодорожным, автомобильного со скиповым подъемом и автомобильного с конвейерным. Во всех этих случаях в пределах карьера используется автомобильный транспорт. В качестве средств подъема горной массы применяются конвейерные или скиповые (клетевые) подъемники.

На поверхности для транспортирования к пунктам разгрузки применяются средства железнодорожного, автомобильного или конвейерного транспорта.

§ 1. Комбинация автомобильного транспорта с железнодорожным

Необходимость перехода к комбинированному транспорту возникает на многих действующих карьерах, где эксплуатируется железнодорожный транспорт.

При комбинации автотранспорта с железнодорожным средства автотранспорта используются для перемещения горной массы в карьере с последующей перегрузкой ее в вагоны на перегрузочном пункте, расположенном в карьере или на поверхности у борта карьера (рис. 109).

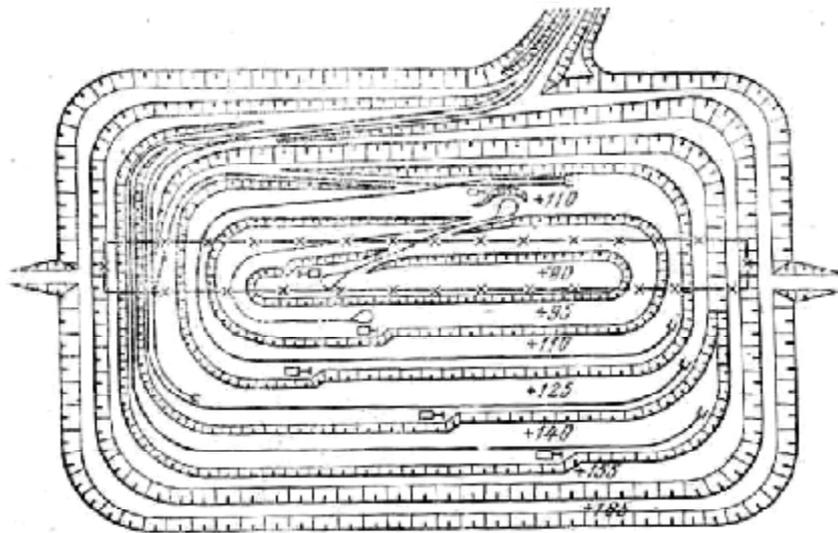


Рис. 109. Схема комбинированного автомобильно-железнодорожного транспорта

Подобная схема целесообразна в основном в двух случаях:

- при больших расстояниях откатки на поверхности (более 5—7 км), когда применение только автотранспорта потребует большого парка подвижного состава и резко возрастет стоимость перевозок. С применением железнодорожного транспорта на поверхности возможно использование большегрузных составов, сокращение локомотивного и вагонного парков и снижение себестоимости перевозок;

при разработке глубоких горизонтов карьеров или при быстром уходе горных работ на глубину в период строительства. При разработке месторождений глубокими карьерами возможно об-

служивание каждым видом транспорта определенной зоны — до глубины примерно 150—180 м используется железнодорожный транспорт, а все нижележащие горизонты обслуживаются автотранспортом. На границе этих зон сооружаются пункты перегрузки, с применением которых отпадают трудности, возникающие при транспортировании железнодорожных съездов на большую глубину (особенно в стесненных условиях).

Внутрикарьерные пункты перегрузки выполняют в виде эстакад и складов. При использовании эстакад осуществляется непосредственная перегрузка горной массы из автосамосвалов в думпкары (рис. 110). На практике применяют эстакадные перегрузочные пункты, различающиеся по расположению автомобильных заездов, схеме движения автосамосвалов, числу перегрузочных железнодорожных путей и т. д. Наиболее распространены эстакады с лобовыми заездами (рис. 111). Используемые при этом автосамосвалы с задней разгрузкой осуществляют подъезды в любой точке, т. е. имеется возможность одновременной разгрузки нескольких самосвалов в железнодорожные вагоны.

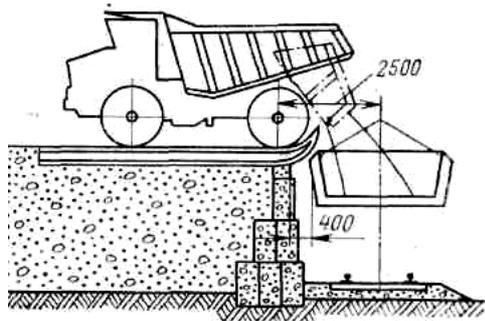


Рис. 110. Непосредственная перегрузка горной массы из автосамосвалов в думпкары

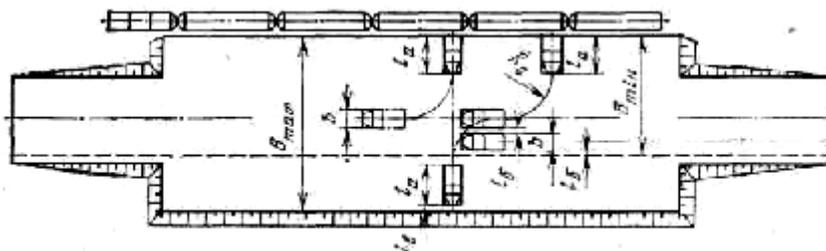


Рис. 111. Схема эстакады с лобовыми заездами для перегрузки на один железнодорожный путь

Размеры перегрузочных эстакад назначаются из условия обеспечения удобной перегрузки горной массы и необходимой пропускной способности для ритмичной работы всего комплекса. По данным проф. М. В. Васильева, параметры перегрузочных эстакад должны быть следующими: высота 2,8—2,9 м, ширина 30—35 м, длина (при односторонней перегрузке) не более 120—150 м. При грузоподъемности автосамосвалов 27—40 т эстакадная перегрузка наиболее экономична.

С увеличением грузоподъемности автосамосвалов непосредственная перегрузка горной массы затруднительна, и поэтому становится целесообразным применение временных складов пород и руд для последующей отгрузки горной массы в другой вид транспорта. Такие пункты перегрузки позволяют, кроме того, проводить усреднение качества руды, поступающей из различных забоев.

Внутрикарьерное складирование руд и пород и их погрузку со складов осуществляют одноковшовыми экскаваторами. Обычно в карьерах применяют два вида пункта перегрузки: с устройством насыпи из складированной руды или породы (рис. 112, а) и путем отсыпки горной массы под откос уступа, сложенного из скальных пород (рис. 112, б).

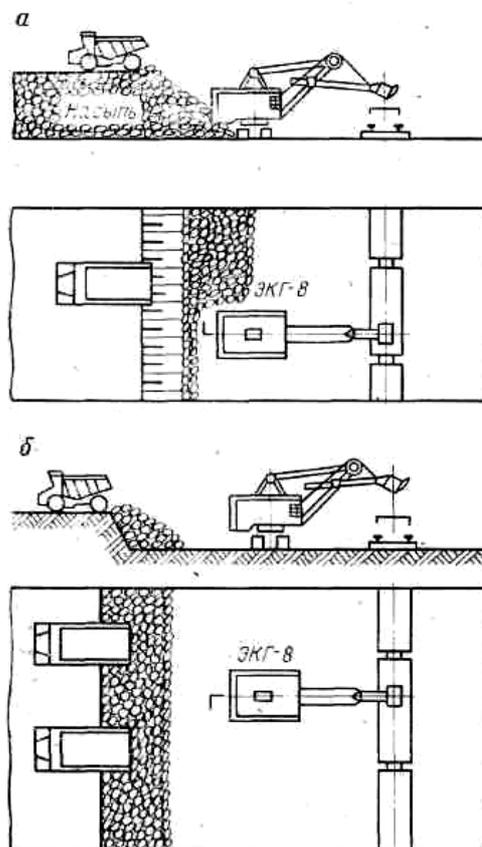


Рис. 112. Перегрузка горной массы на внутрикарьерном складе

Высота насыпи или уступа устанавливается в зависимости от параметров погрузочного экскаватора. Железнодорожный путь укладывают вдоль склада. Пункты перегрузки обслуживаются одним или несколькими экскаваторами, производящими погрузку в железнодорожные составы. Длина насыпи составляет 180—200 м, достигая в отдельных случаях 400—500 м.

Применяют также комбинацию приведенных способов. Пункт перегрузки в этом случае оборудуют перегрузочным складом и эстакадой, обеспечивая этим большую гибкость в работе. Однако для сооружения комбинированного пункта перегрузки требуется значительная площадь.

Эффективность применения автомобильно-железнодорожного транспорта зависит во многом от четкости взаимодействия каждого из звеньев транспортного комплекса. Наиболее жесткая зависимость между обоими видами транспорта возникает при перегрузке из автосамосвалов непосредственно в думпкары. Перегрузочные склады обеспечивают меньшую взаимосвязь смежных транспортных звеньев, поскольку выполняют не только приемно-погрузочные функции, но и сглаживают неравномерность работы карьера.

Пункты перегрузки, расположенные на промежуточных горизонтах, переносят по мере развития горных работ в глубину. Первоначальное положение пункта перегрузки определяется выбором соотношения длин откатки смежными видами транспорта, при котором обеспечиваются наименьшие затраты на транспортирование. В дальнейшем пункты перегрузки переносят через каждые 40—50 м по глубине.

В отечественной практике накоплен значительный опыт применения комбинированного автомобильно-железнодорожного транспорта. Использование его на Сибайском, Северном, Анновском, Ново-Криворожском, Кругашинканском, Сарбайском и других карьерах подтвердило эффективность комбинированного транспорта.

При оценке экономических показателей применения комбинированного транспорта следует учесть, что вид транспорта существенно влияет на показатели работы смежных технологических процессов (экскавацию и отвалообразование). Так, при использовании автомобильного транспорта стоимость экскавации снижается на 20—25 % благодаря повышению использования экскаваторов. Стоимость отвалообразования при автотранспорте (бульдозерные отвалы) в три-четыре раза меньше, чем при железнодорожном транспорте (экскаваторные отвалы).

§ 2. Комбинация автомобильного транспорта со скиповым подъемом

При ограниченных размерах карьера в плане и значительной его глубине целесообразно применение наклонных подъемников для выдачи горной массы из карьера. В пределах карьера ис-

пользуется обычно автотранспорт, а на борт карьера полезное ископаемое или порода по наклонному пути поднимаются в скипах. На поверхности после вторичной перегрузки материал доставляется до пунктов назначения (порода — в отвалы, полезное ископаемое — потребителю или на обогатительные фабрики и т. п.).

Преимуществом подобной схемы является возможность подъема груза по кратчайшему расстоянию при минимальном объеме работ по проведению траншеи, поскольку угол наклона трассы подъемника составляет 40—45°.

Недостатком комбинации автотранспорта со скиповым подъемом является наличие двух пунктов перегрузки, что увеличивает расходы, усложняет организацию работ и ограничивает область применения схемы карьерами относительно небольшой производственной мощности.

Вид транспорта на поверхности определяется местными условиями. В зависимости от расстояния транспортирования обычно применяют автомобильный или железнодорожный транспорт (последний при больших расстояниях).

Устройство скипового подъема и работа транспорта по комбинированной схеме заключаются в следующем. По откосу борта карьера укладываются рельсовые пути для скипов. Подъемную машину устанавливают на борту карьера. Скиповые подъемники выполняют чаще двухконцевыми. Загрузка скипов в карьере производится непосредственно из автосамосвалов или полуприцепов. По этой причине грузоподъемность скипов принимается равной грузоподъемности автосамосвала или кратной ей.

Площадки, с которых производится разгрузка автосамосвалов в скипы, монтируются на отметке проектной глубины карьера и на промежуточных горизонтах, если на них ведутся работы. Погрузочные площадки, как правило, выполняют разборными, их переносят по мере перемещения горных работ в карьере. Устройство погрузочных площадок на нижней отметке карьера и на промежуточных горизонтах позволяет вести работы на уступах и одновременно производить подготовку новых горизонтов.

Разгрузка скипов на поверхности производится в бункер, из которого горная масса перегружается в транспортные средства следующего звена комбинированной схемы.

На Сибайском карьере Башкирского медно-серного комбината смонтирован под углом 39° наклонный скиповый подъемник грузоподъемностью 40 т. Его проектная высота составляет 370 м. В комплекс скипового подъемника входят: копер с наклонной эстакадой и бункерами, здание подъемной машины, нижняя погрузочная станция и пути подъемника (рис. 113).

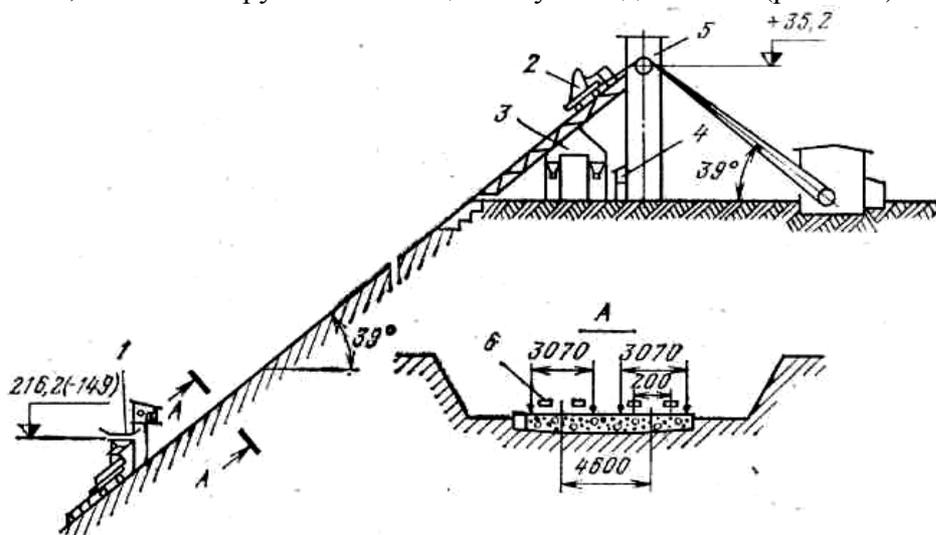


Рис. 113. Схема наклонного скипового подъемника:

1 — погрузочная станция; 2 — скип; 3 — бункер; 4 — пост управления; 5 — разгрузочная станция; 6 — путь скипового подъемника

Груженные автосамосвалы БелАЗ-548 заходят на нижнюю перегрузочную станцию, сооруженную из металлоконструкций в виде моста над путями скипового подъемника, здесь же смонтированы два бункера-дозатора объемом по 22 м³, в которые разгружаются автосамосвалы.

Скипы объемом 22 м³, грузоподъемностью 40 т выполнены двухосными ящичного типа, диаметр тягового каната 54 м, скорость подъема 7 м/с. Разгружаются скипы на специальных кривых через поднимающуюся заднюю стенку кузова в поверхностные бункера, откуда порода отгружают в автосамосвалы для дальнейшего транспортирования.

Рельсовые пути подъемника уложены на бетонном основании. Ширина колеи составляет 3000 мм, рельсы типа Р50.

Копер выполнен высотой 35,2 м; наклонная эстакада и бункера с отделениями вместимостью 150 и 300 м³ выполнены из металлоконструкций. Подъемная машина двухбарабанная цилиндрическая, мощность двигателя постоянного тока 2400 кВт. Предусмотрена автоматизация работы скипового подъемника.

По исследованиям Свердловского горного института, перспективным является применение скиповых подъемников грузоподъемностью 75—120 т с тяговым органом из стальных лент.

Экономические показатели комбинации автомобильного транспорта со скиповым подъемом определяются в первую очередь глубиной карьера. По расчетным данным, при ограниченных объемах перевозки и глубине карьера более 80—100 м транспортирование горной массы до борта карьера экономичнее вести по комбинированной схеме. При такой глубине стоимость транспортирования 1 т горной массы по комбинированной схеме примерно на 20—25 % ниже, чем автотранспортом. При глубине 150—200 м эта разница увеличивается до 30—35%.

§ 3. Комбинация автомобильного транспорта с конвейерным

Одной из прогрессивных схем комбинированного транспорта является комбинация автотранспорта с конвейерным, когда способность конвейера преодолевать значительные углы наклона сочетается с благоприятными условиями работы автотранспорта на коротких расстояниях перевозки.

Так же как и в комбинации с железнодорожным, транспортом, автотранспорт в этом случае используется для перемещения горной массы в карьере с последующей перегрузкой ее на конвейеры на пункте перегрузки в карьере или на поверхности.

Сравнительно со скиповым подъемом эта схема позволяет избавиться от вторичной перегрузки и транспортировать горную массу конвейерами непосредственно к пунктам разгрузки.

При разработке рыхлых сыпучих пород разгрузка с автотранспорта на конвейер производится через бункер, объем которого, должен быть в 2—3 раза больше объема кузова машины.

При разработке скальных пород современными средствами буровзрывных работ невозможно полностью обеспечить гранулометрический состав дробимых пород, приемлемый для перемещения конвейерами, поэтому возникает необходимость в дополнительном дроблении материала в дробилках.

Целесообразность включения в технологический процесс добычи дробления зависит от многих горнотехнических факторов. Однако следует иметь в виду, что в случае дробления руды в карьере эти расходы компенсируются устранением стадии крупного дробления на фабриках, а при дроблении породы — значительным сокращением стоимости отвалообразования.

В зависимости от горнотехнических условий месторождения возможны две схемы комбинированного транспорта.

1. Средствами автотранспорта горная масса доставляется на борт карьера, где устанавливается одна или несколько (в зависимости от производительности) стационарных дробильных установок. После дробления горная масса транспортируется конвейерами до обогатительной фабрики (руда) или на отвалы (порода). В этих условиях основная часть расходов на транспортирование приходится на автотранспорт, перемещающий горную массу также и на подъем. Поэтому вариант со стационарными дробилками предпочтительнее для неглубоких карьеров.

2. Автотранспортом производится доставка горной массы от забоя до дробильной установки в карьере. После дробления материал конвейерами поднимается на борт карьера и затем транспортируется по поверхности к пунктам разгрузки. При этом целесообразно транспорт на поверхности осуществлять без перегрузок на другой вид транспорта. Это особенно имеет значение при транспортировании вскрышных пород, когда конвейерная доставка и непрерывное отвалообразование значительно упрощают технологию производства.

Для создания наиболее благоприятных условий работы автотранспорта целесообразно в этом случае выполнять дробильные установки полустационарными с периодическим перенесением их по мере углубления карьера. При этом создаются благоприятные условия работы автотранспорта ввиду сокращения длины откатки и отсутствия затяжных подъемов на борту карьера.

Поскольку частый перенос дробильных установок значительно усложняет организацию работ и удорожает их, целесообразно применение концентрационных горизонтов. Разгрузка из средств автотранспорта производится только на одном горизонте, обслуживающем группу усту-

пов, расположенных выше и ниже его. Перенос дробильной, установки при этом производится редко, поскольку осуществляется по мере отработки целой группы уступов. Для обеспечения непрерывности работы карьера необходимо предусматривать резервные дробильные установки.

Схема с полустационарными дробильными установками предпочтительнее для глубоких карьеров при относительно быстром понижении горных работ.

Разработка месторождений с применением комбинированного транспорта (автотранспорт — конвейерный подъем) за проектирована на ряде отечественных карьеров — Ингулецком, Качканарском, Гайском, Ново-Криворожском, им. 50-летия Октября и др.

Экономические показатели применения комбинированной схемы транспорта при расположении дробильных установок на борту карьера для условий транспортирования руды близки к показателям варианта с автотранспортом. При транспортировании породы добавляются еще расходы на ее дробление (ориентировочно 2,2—3 коп/т).

По расчетным данным, при глубине карьера 60—80 м предпочтительнее становится схема комбинированного транспорта с расположением полустационарных дробильных установок в карьере. Стоимость транспортирования 1 т руды снижается в этом случае на 10—15%, а с увеличением глубины карьера до 150—200 м соответственно на 25—30%. Вместе с тем при значительных грузооборотах и глубинах карьера комбинированный транспорт уступает место полной конвейеризации с дополнительным дроблением пород передвижными дробильными агрегатами непосредственно в экскаваторном забое.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Андреев А. В., Шешко Е. Е.* Автоматизация карьерного транспорта. М., Недра, 1963.
2. *Браташ В. А.* и др. Электровозы и тяговые агрегаты промышленного транспорта. М., Транспорт, 1977.
3. *Васильев М. В.* Комбинированный карьерный транспорт. М., Недра, 1965.
4. *Васильев М. В., Сироткин З. Л., Смирнов В. П.* Автомобильный транспорт карьеров. М., Недра, 1973.
5. *Логинов А. И., Афанаскин Н. Е.* Вагоны-самосвалы. М., Машиностроение, 1975.
6. *Мельников Н. В.* Краткий справочник по открытым горным разработкам. М., Недра, 1973.
7. *Потапов М. Г.* Карьерный транспорт. М., Недра, 1972.
8. *Путятин Б. К.* Путевые работы в карьерах. М., Недра, **1975**.
9. *Сиваковский А. О., Потапов М. Г.* Транспортные машины и комплексы открытых горных разработок. М., Недра, 1974.
10. *Сиваковский А. О., Потапов М. Г., Приседский Г. В.* Карьерный, конвейерный транспорт. М., Недра, 1979.
11. *Транспортное и вспомогательное оборудование на карьерах.* Под ред. В. С. Виноградова. М., Недра, 1976.