



А. В. Буянкин Д. В. Стенин Н. А. Стенина

КАРЬЕРНЫЕ ПЕРЕВОЗКИ

Учебное пособие

Кемерово 2018

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Кузбасский государственный технический университет
имени Т. Ф. Горбачева»

А. В. Буянкин Д. В. Стенин Н. А. Стенина

КАРЬЕРНЫЕ ПЕРЕВОЗКИ

Учебное пособие

Кемерово 2018

УДК 629.114.42.622.271(075.8)

Рецензенты:

Директор Якутского института водного транспорта (филиал) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта» кандидат технических наук, доцент Я. М. Стрек

Доктор технических наук, профессор кафедры «Эксплуатация и сервис транспортно-технологических машин и комплексов в строительстве» ФГБОУ ВО «СибАДИ» С. В. Савельев

Буянкин А. В. **Карьерные перевозки** : учеб. пособие / А. В. Буянкин, Д. В. Стенин, Н. А. Стенина ; КузГТУ. – Кемерово, 2018. – 102 с.

ISBN 978-5-00137-013-0

Изложены сведения об основных аспектах перемещения горной массы в карьерах (о теории процесса, технических средствах, принципах организации работы, эксплуатационных показателях).

Пособие подготовлено по дисциплине «Карьерные перевозки» и предназначено для обучающихся направлений 23.03.01 «Технология транспортных процессов» и 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов».

Печатается по решению редакционно-издательского совета КузГТУ.

УДК 629.114.42.622.271(075.8)

© КузГТУ, 2018

© Буянкин А. В.,

Стенин Д. В.,

Стенина Н. А., 2018

ISBN 978-5-00137-013-0

ПРЕДИСЛОВИЕ

Цель и задачи изучения курса «Карьерные перевозки» – приобретение знаний в области устройства и принципа действия существующих видов карьерного транспорта; основ теории и расчета карьерных транспортных средств, технико-эксплуатационных показателей их работы; организации перевозочного процесса на карьерах, в том числе и при взаимодействии различных видов транспорта.

Для изучения важного технологического процесса карьерных перевозок предусмотрен данный курс, содержащий все аспекты перемещения горной массы в карьерах (теория процесса, технические средства, принципы организации работы, эксплуатационные показатели).

В данном учебном пособии подробно рассмотрены общие сведения об открытых горных работах.

Каждый из видов карьерного транспорта рассмотрен в отдельной теме учебного пособия. После каждой темы обучающиеся могут проконтролировать полученные знания по вопросам.

Учебное пособие предназначено в помощь обучающимся направлений подготовки 23.03.01 «Технология транспортных процессов» и 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов».

Специализированной литературы по данной дисциплине недостаточно. В связи с этим возникла необходимость издания настоящего учебного пособия.

Пособие из-за ограниченности объема не может осветить все вопросы, касающиеся особенностей эксплуатации карьерного транспорта, поэтому авторы рекомендуют обратиться к списку литературы, приведенному в конце пособия.

ВВЕДЕНИЕ

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.

Уголь продолжает играть важнейшую роль в мировой экономике и занимает второе место после нефти. По объемам угледобычи Российская Федерация занимает пятое место в мире после Китая, США, Индии и Австралии.

Мировой кризис и антироссийские санкции обострили внутренние и внешние проблемы отечественной угольной промышленности, сформировали целый комплекс рисков, которые ограничивают развитие угледобывающих регионов.

На многих карьерах технико-экономические показатели открытой разработки определяются в первую очередь процессом перемещения вскрышных пород и полезного ископаемого.

Последние годы характеризуются интенсивным развитием карьерного транспорта, его техническим перевооружением и разработкой новых видов транспорта для карьеров.

Автомобильный транспорт на карьерах получил значительное распространение благодаря гибкости, маневренности, способности работать в стесненных и разнообразных климатических условиях, высоким эксплуатационным показателям, благодаря способности преодолевать с грузом значительные подъемы и др.

Карьерные перевозки – это технологический процесс со специальной техникой и организацией работ, тесно связанный со смежными процессами открытой разработки.

Основным видом технологического транспорта при добыче полезных ископаемых открытым способом остается автомобильный. Он используется для перевозки примерно 80 % всей горной массы во всем мире.

Тема 1. Общие сведения об открытых горных работах

Сущность и основные понятия открытых горных работ

Добыча полезных ископаемых осуществляется двумя способами – открытым и подземным.

Открытый способ разработки применялся издавна, когда извлекались только те полезные ископаемые, которые залежали наиболее близко к земной поверхности. По мере увеличения глубины работ открытый способ становился невыгодным, т. к. удаление увеличивающегося объема пустых пород посредством мускульного труда было слишком дорогим. Открытый способ разработки на длительное время был вытеснен подземным, при котором не требовалась выемка пустых пород. Лишь с конца позапрошлого века в связи с внедрением горных машин открытые работы получили распространение, а в последние десятилетия все более интенсивное развитие.

Добыча угля в России и Кузбассе за 2006–2017 годы представлена на рис. 1.

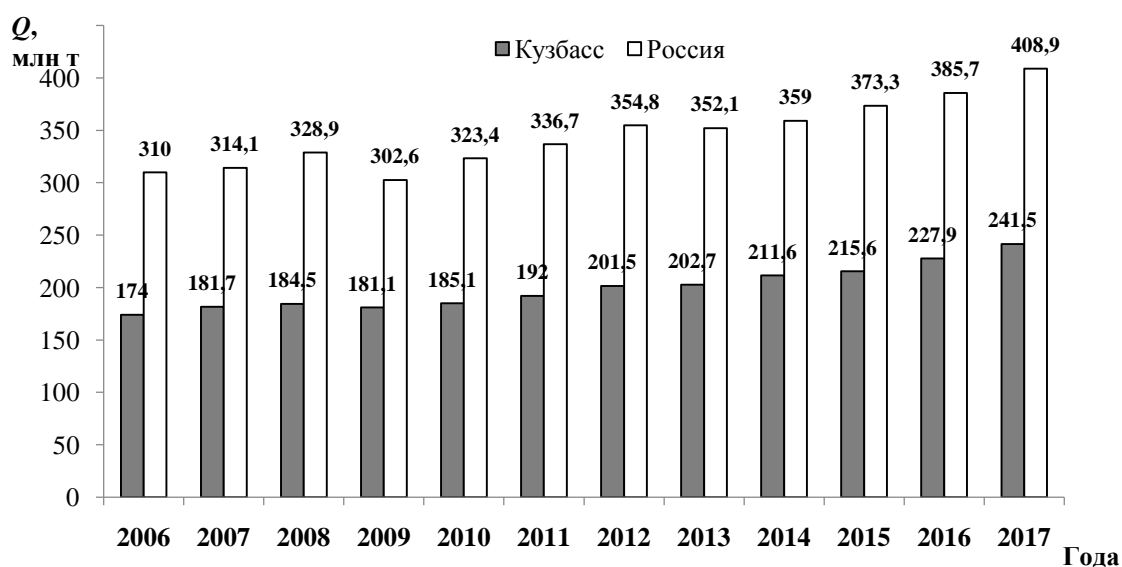


Рисунок 1 – Добыча угля в России и Кузбассе, млн т

В угольной промышленности России на 01.01.2017 действуют 66 шахт и 115 разрезов [6]. Практически вся добыча угля обеспечивается частными предприятиями.

В России уголь добывается в семи федеральных округах, а потребляется во всех 86 субъектах Российской Федерации.

Из угледобывающих регионов самым мощным поставщиком угля является Кузнецкий бассейн. Кузнецкий угольный бассейн является уникальным природным комплексом. Благоприятные условия месторождений Кузбасса позволяют развивать добычу угля как подземным, так и открытым способом. При этом балансовые запасы угля, пригодные для разработки открытым способом, составляют примерно 11 млрд т.

Диаграмма по способам добычи угля в России за период 2006–2016 годы представлена на рис. 2.

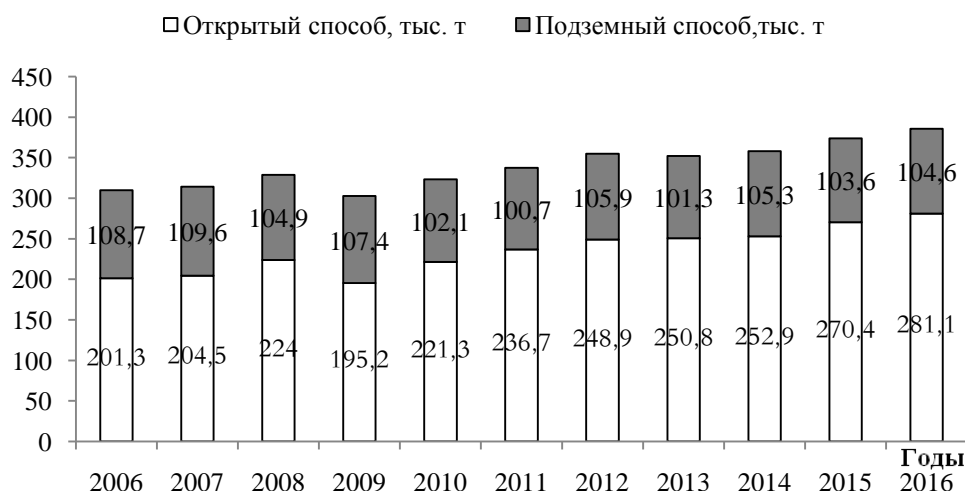


Рисунок 2 – Добыча угля в России (по способам добычи), млн т

В условиях постепенного оздоровления мировых экономик и повышения спроса на угольную продукцию по сравнению с периодом финансово-экономического кризиса отмечается рост добычи угля.

Горные работы, производимые непосредственно с земной поверхности в открытых горных выработках (в траншеях или полутраншеях), носят название *открытых горных работ*. Основной целью открытых горных работ является разработка месторождений полезных ископаемых. Способ разработки месторождений полезных ископаемых с применением открытых горных работ называется *открытым* способом. Горное предприятие, осуществляющее добы-

чу полезного ископаемого открытым способом, называется *карьером*. В практике открытой разработки угольных и россыпных месторождений вместо термина «*карьер*» применяются названия «*разрез*» и «*прииск*».

В процессе производства открытых горных работ земная поверхность месторождения нарушается и образуется выработанное пространство, ограниченное искусственно созданной поверхностью. Это выработанное пространство, представляющее собой совокупность горных выработок, также носит название «*карьер*». Таким образом, понятие «карьер» может употребляться как в хозяйственном, так и техническом значении.

При значительных размерах выработанного пространства нарушается естественное равновесие массива горных пород, окружающих карьер. Это может привести к деформациям боковой поверхности карьера (оползни и обрушения), к нарушению нормального ведения горных работ и к авариям. Во избежание таких последствий боковым поверхностям карьера придают определенный наклон, обеспечивающий их устойчивость. В связи с этим возникает необходимость выемки значительных объемов покрывающих и вмещающих полезное ископаемое горных пород, которые называются *вскрышными* или *вскрышей*. Общий вид карьера представлен на рис. 3.



Рисунок 3 – Общий вид карьера

Годовые объемы вскрыши, перемещаемые в современных карьерах, составляют десятки миллионов кубометров и часто во много раз превышают объемы добываемого полезного ископаемого. Полезное ископаемое и вскрыша вывозятся из карьера на поверхность. В благоприятных условиях залегания полезного ископаемого вскрыша, отделенная от массива, может и не вывозиться из карьера, а размещаться в его выработанном пространстве.

Разработка массива горных пород (вскрыши и полезного ископаемого) в границах карьера производится горизонтальными или слабонаклонными слоями. Слои обычно отрабатываются параллельно с некоторым отставанием работ в пространстве и во времени на лежащем ниже слое. Таким образом, боковая поверхность карьера приобретает ступенчатую форму.

Часть толщи горных пород в карьере, имеющая рабочую поверхность в форме ступени и разрабатываемая самостоятельными средствами выемки, погрузки и транспорта, называется *уступом*.

Схема уступа представлена на рис. 4.

Различают рабочие и нерабочие уступы. На рабочих уступах производится выемка пустых пород или добыча полезного ископаемого.

Уступ имеет нижнюю и верхнюю площадки, откос и бровки.

Откосом уступа называется наклонная поверхность, ограничивающая уступ со стороны выработанного пространства. Линии пересечения откоса уступа с его верхней и нижней площадками называются соответственно *верхней* и *нижней бровками*.

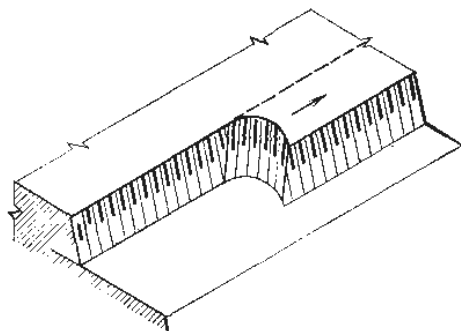


Рисунок 4 – Схема уступа

Горизонтальные поверхности рабочего уступа, ограничивающие его по высоте, называют *верхней* и *нижней площадками*. Пло-

щадка, на которой расположено оборудование, предназначенное для разработки (буровые станки, экскаваторы, транспортные средства), называется *рабочей площадкой*. Если площадка остается свободной, то ее называют *нерабочей*.

Уступ обычно разрабатывают последовательными параллельными полосами – *заходками*. Торец заходки называется *забоем*, непосредственно в котором осуществляется выемка породы или полезного ископаемого, в результате чего забой перемещается и отрабатывается заходка.

Высота уступа устанавливается с учетом безопасной работы в карьере и зависит от размера экскаваторов и физико-технических свойств пород.

При разработке пластов пространство, образующееся в карьерном поле после извлечения полезного ископаемого, называется *выработанным*. Его, если это технически возможно, необходимо использовать для размещения пород вскрыши или транспортных коммуникаций, по которым вывозится полезное ископаемое или вскрыша.

Насыпь горных пород, удаленных при разработке месторождения, называется *породным отвалом*. Отвалы, расположенные в выработанном пространстве, называются *внутренними*, а на поверхности вне контура – *внешними*.

Производство открытых горных работ связано с нарушениями земной поверхности и использованием земельных площадей. Для того чтобы исключить или существенно снизить отрицательное воздействие открытых работ на окружающую среду, в процессе разработки и после отработки месторождения производится рекультивация отвалов, выработанного пространства и других нарушенных участков земной поверхности, а также водоемов.

Преимущества открытых горных работ по сравнению с подземными состоят в следующем.

1. На карьерах обеспечиваются более высокая безопасность труда и лучшие производственные условия.

2. Производительность труда на карьерах, как правило, в 5–8 раз выше, а себестоимость в 2–4 раза ниже, чем в шахтах. При этом на карьерах обеспечиваются более высокие темпы роста производительности труда.

3. Сроки строительства карьеров меньше сроков строительства шахт равной производственной мощности. Удельные капитальные затраты на строительство карьеров в 2–4 раза меньше, чем на строительство шахт.

4. При открытой разработке получают меньшие потери полезного ископаемого и легче производить раздельную добычу его различных сортов.

5. При открытой разработке месторождений легче увеличить при необходимости производственную мощность предприятия.

Недостатки открытых разработок.

1. Производство открытых горных работ требует отчуждения больших земельных площадей, иногда приводит к понижению уровня грунтовых вод на больших площадях и т. д.

2. Открытые работы зависят от климатических условий, что наиболее сильно проявляется в условиях Заполярья.

Недостатки открытых горных работ в большинстве случаев перекрываются их преимуществами. Поэтому в настоящее время открытый способ разработки месторождений является эффективным, перспективным и быстро развивается. Увеличиваются не только объемы открытой разработки, но и удельный вес этого способа в общей добыче полезных ископаемых.

Преобладание открытого способа разработки в развитии горной промышленности наблюдается во всем мире, там, где имеются для этого необходимые геологические условия.

Существуют ограничения для эффективного применения открытого способа разработки.

1. Большая мощность покрывающих пород и значительная глубина месторождения при относительно небольшой мощности залежи, т. е. такие условия залегания, когда объем породы, приходящийся на 1 т добычи полезного ископаемого (*коэффициент вскрыши*), превышает экономически допустимый предел. В настоящее время граничный коэффициент вскрыши составляет 5–15 м³/т.

2. Отсутствие в данной местности достаточно свободных земельных площадей для размещения отвалов и другие ограничения, вызываемые охраной окружающей среды.

3. Необходимость вложения в короткие сроки очень больших капитальных затрат, размер которых определяется большими размерами современных мощных карьеров.

Характеристики перевозимых грузов

Перевозимые на карьерах основные грузы, а также некоторые сыпучие материалы (цемент, песок и др.), необходимые для производства горных работ, относятся к насыпным грузам, а большинство вспомогательных грузов – к штучным.

Насыпные грузы характеризуются плотностью, крупностью, углом естественного откоса и коэффициентом разрыхления.

Плотность – отношение массы груза к занимаемому им объему. Применительно к горным породам различают плотность в целике и плотность в разрыхленном виде (насыпная плотность).

Отношение объема разрыхленной горной породы к ее объему в целике при одинаковой массе называют *коэффициентом разрыхления*. Коэффициент разрыхления в процессе перемещения горной массы не является величиной постоянной, т. к. зависит от многих факторов, воздействующих на транспортируемый груз. К таким факторам относятся способы разрыхления горных пород (буровзрывной или механический), погрузка горной массы на транспортную машину и, наконец, способ перемещения. В расчетах пользуются некоторыми средними значениями коэффициента разрыхления, полученными экспериментально.

При выборе параметров транспортных машин большое значение имеет крупность транспортируемого груза, которую характеризуют кусковатостью или гранулометрическим составом. *Кусковатость* определяют посредством замеров кусков по трем взаимно перпендикулярным направлениям, причем наибольший размер куска условно называют его длиной.

По крупности насыпные грузы разделяют на порошковые (0,05–0,5 мм), пылевидные (< 0,5 мм), мелкозернистые (0,5–10 мм), мелкокусковые (10–60 мм), среднекусковые (60–160 мм), крупнокусковые (> 160 мм).

После производства буровзрывных работ в горном массиве высокой или средней крепости насыпной груз, как правило, содержит куски различных размеров, иногда превышающих допустимую величину по условиям его дальнейшей переработки. Куски насыпного груза, не требующие дополнительного дробления для отправки потребителю, называют *кондиционными*. Обычно длина кондиционных кусков не превышает 400–600 мм. Куски больших

размеров называют *негабаритом*. Если в насыпном грузе содержится большое число негабаритов, то такой груз принято называть *особо крупнокусовым*.

Характеристика грузов, наиболее распространенных на горных предприятиях

Груз	Плотность в разрыхленном состоянии, т/м ³	Угол естественного откоса, град	Коэффициент разрыхления	Коэффициент крепости
Антрацит мелко- кусовой, сухой	0,8–0,95	45	1,4	2,3
Уголь каменный мелкокусовой, сухой	0,65–0,8	30–45	1,4	2,0
Уголь бурый	0,85–1,0	27–30	1,3	2,5
Кокс среднекусовой	0,48–0,53	35–50	1,3	1,5
Торф кусковой, сухой	0,33–0,5	32–45	1,4	1,3
Руда железная мелко- и среднекусовая	2,1–3,0	30–50	1,4	16,0
Агломерат железной руды	1,7–2,0	45	1,4	15,0
Руда марганцевая	1,25–1,28	40	1,3	3,0
Известняк мелко- кусовой	1,2–1,5	40–45	1,3	2,8
Углистая глина	1,2–1,3	27–30	1,6	2,8
Глина мергелистая	1,5	32–35	1,2	3,5
Глина плотная	1,0	32–35	1,2	4,0
Глина серая	1,9	38–40	1,2	4,5
Суглинки лессовидные	1,6	35	1,2	4,0
Песок углистый	1,7–1,8	38–40	1,12	–
Песок влажный	1,9	30	1,1	–
Сланцы известковые и песчаные	1,9–2,0	40–45	1,6	4,8
Скальные породы	1,8–2,0	40–45	1,6	7,0–15,0

Углом естественного откоса насыпного груза называют угол между образующей конуса свободно насыпанного на горизонтальную поверхность груза и проекцией, образующейся на основании конуса. Различают угол естественного откоса в покое и в движении.

Из-за вибрации, возникающей при движении машины, материал рассыпается до тех пор, пока силы внешнего воздействия не будут уравновешены силами трения между частицами груза. Угол естественного откоса в движении для большинства насыпных грузов составляет 0,5–0,7 угла естественного откоса в покое.

Крепость пород оценивают *коэффициентом крепости* по шкале М. М. Протодяконова. Чем выше крепость горных пород, тем большей плотностью они обладают.

Кроме перечисленных показателей насыпные грузы характеризуются *влажностью, липкостью, слеживаемостью, абразивностью, склонностью к пылеобразованию* в процессе транспортирования, *к самовозгоранию* и некоторыми другими показателями, которые учитывают при выборе транспортных машин

Факторы, влияющие на формирование условий эксплуатации карьерного автотранспорта

Факторы, влияющие на формирование условий эксплуатации карьерного автотранспорта, можно условно разделить на две группы [4]:

- факторы, оказывающие существенное влияние на транспортный процесс;
- факторы, практически не влияющие на процесс перевозки грузов, включая элемент случайности, присущий любым многофакторным системам.

Среди существенных факторов можно выделить [4]:

- горнотехнические;
- технологические;
- дорожно-транспортные;
- организационные;
- климатические.

К *горнотехническим* факторам относятся:

- особенности и параметры залегания полезного ископаемого;
- способ вскрытия месторождения;
- система разработки и ее элементы;
- направление горных работ;
- характер вскрывающих съездов;
- параметры выездных и разрезных траншей;

– протяженность фронта вскрышных и добычных работ.

К *технологическим* факторам относятся:

– технологические схемы транспортирования вскрышных пород и угля;

– характеристика погрузочного оборудования и его соответствие грузоподъемности автотранспортных средств;

– способы погрузки автосамосвалов;

– расстояния транспортирования;

– высота подъема груза;

– физико-механические свойства горной массы.

К *дорожно-транспортным* факторам относятся:

– геометрические параметры автодорог и типы дорожных одежд;

– состояние покрытий;

– сцепление колес автомобиля с поверхностью покрытия;

– характер микропрофиля автодороги;

– продольный уклон автодорог;

– сложность трасс транспортирования;

– наличие смягчающих слабонаклонных и горизонтальных участков;

– величина радиусов круговых кривых, виражей и серпантин-
нов;

– наличие дорожных знаков;

– уровень освещения проезжей части в ночное время.

К *организационным* факторам относятся:

– мощность и оснащение ремонтной базы;

– качество и периодичность технического обслуживания
и ремонта;

– условия стоянки и хранения автосамосвалов;

– режим их работы во времени;

– показатели использования парка;

– организация и управление транспортными потоками на
разрезе;

– работа автосамосвалов по открытому или закрытому циклу.

К *климатическим* факторам относятся:

– среднегодовая температура воздуха и количество осадков,
гололед, снежные заносы и метели;

- продолжительность зимнего периода;
- число дней с отрицательной температурой;
- продолжительность межсезонных периодов;
- условия видимости.

Все перечисленные факторы, в свою очередь, можно разделить на условия, не зависящие от работы разреза, и условия, характер которых может быть изменен путем проведения различных мероприятий добывающими и транспортными предприятиями.

К первым относятся:

- климатические и географические условия;
- физико-механические свойства разрабатываемых пород;
- высота карьера над уровнем моря;
- среднее расстояние перевозки;
- направление движения с грузом.

К условиям, влияние которых при необходимости может быть изменено, можно отнести:

- состояние и качество автодорог;
- оснащенность и мощность производственно-технической базы разреза и автохозяйства;
- режим работы экскаваторов и автосамосвалов;
- организацию погрузки и разгрузки горной массы;
- соотношение количества экскаваторов и автосамосвалов;
- степень износа погрузочных и транспортных машин.

Производительность автомобиля и автопарка принято оценивать двумя основными показателями: объемом перевезенной горной массы и грузооборотом (транспортной работой) за анализируемый период времени.

Основные технико-эксплуатационные показатели работы карьерного автомобильного транспорта

Транспортирование горной массы является одним из наиболее трудоемких и дорогостоящих процессов при разработке месторождений открытым способом. Как правило, в этом процессе занято до половины работников предприятия, а транспортные затраты составляют свыше половины общих затрат на добычу [14].

Назначением средств карьерного транспорта является перемещение горной массы от экскаваторных забоев до пунктов разгрузки, которыми для вскрышных пород являются отвалы. Для полезного ископаемого – это постоянные или временные склады, приемные бункеры дробильных, сортировочных или обогатительных фабрик.

Целесообразность применения того или иного вида транспорта обуславливается оценкой его преимуществ и недостатков при действии множества факторов. К факторам, оказывающим влияние на выбор вида транспорта, можно отнести: производственную мощность карьера и расстояние транспортирования (главнейшие факторы); физико-механические свойства вскрышных пород и полезного ископаемого; условия их залегания; принятую схему разработки месторождения; вид применяемого погрузочного оборудования, глубину карьера [7].

Основным видом транспорта в трех четвертях карьеров мира является автомобильный. Им перевозится около 60 % горной массы на карьерах России и 85 % – на зарубежных карьерах [2, 15].

Причиной столь широкого применения автомобильного транспорта является совпадение во многом особенностей работы транспорта в карьерах с его преимуществами [14].

Основными достоинствами автомобильного транспорта, обуславливающими эффективность применения его в качестве основного карьерного транспорта, являются:

- высокая маневренность и мобильность, благодаря малым радиусам поворота, способность преодолевать достаточно крутые уклоны (8–10 %) и высокая скорость передвижения;
- относительно небольшие собственные размеры автомобиля;
- отсутствие необходимости в обустройстве специальных путей;
- автономность и возможность обеспечения большей гибкости и оперативности управления.

Эти качества автомобильного транспорта позволяют легко переносить места погрузки в карьере, регулировать транспортные потоки, применять погрузочную технику на коротком фронте работ. Производительность экскаваторов может быть повышена за счет уменьшения времени их простоев в ожидании подачи транспорта,

а также сокращения времени на маневры автосамосвалов при установке их под погрузку.

Большие преодолеваемые уклоны и небольшие радиусы поворота дают возможность сократить объем работ по обустройству коммуникаций, устраивать меньшие радиусы закруглений трасс, что позволяет заметно сократить длину транспортных коммуникаций. За счет высокой маневренности автосамосвалов обеспечивается также снижение трудоемкости отвалообразования.

Отсутствие специальных путей приводит к меньшим в 2,5–3,5 раза трудоемкости и затратам на строительство автодорог, особенно на мягких глинистых и песчаных почвах, и в 1,2–1,5 раза – на естественном скальном основании [2]. Полностью отсутствует трудоемкий процесс переноса путей. Меньшими являются затраты труда на транспортный процесс благодаря сокращению количества вспомогательного, обслуживающего, ремонтного персонала и путевых рабочих.

Возможность обеспечения большей гибкости и оперативности управления погрузочно-транспортным комплексом появляется потому, что автосамосвалы действуют независимо друг от друга, а также каждый из них в любое время при необходимости может быть направлен к любому из экскаваторов. Кроме того, выход одного автосамосвала из строя вследствие поломки практически не отражается на производительности труда, не вызывает остановки в работе транспорта и может быть легко восполнен.

Автомобильный транспорт имеет и ряд недостатков, главными из которых являются [14]:

– небольшие экономически выгодные расстояния транспортирования (2–3 км, реже – до 5 км), меньшее количество перевозимой горной массы каждым отдельно взятым автосамосвалом, более высокие амортизационные отчисления, обусловленные сравнительно коротким сроком их службы (5–7 лет), что повышает себестоимость перевозок [14];

– большая стоимость содержания и ремонта карьерных автосамосвалов, достигающая 30–33 % стоимости перевозок [14], а также зависимость работы автомобильного транспорта от своевременности и полноты поставок запасных частей, горюче-смазочных материалов;

– существенная зависимость от климатических условий (сложность эксплуатации при низких температурах, снегопадах, туманах, гололедице);

– повышенный расход автомобильных шин вследствие их сильного износа при работе на скальных породах (стоимость шин составляет 20–22 % от стоимости перевозок [14]);

– значительная загазованность, особенно в глубоких карьерах, что вызывает необходимость искусственного их проветривания, а в противном случае – заставляет в периоды безветрия, туманов, пасмурной погоды на длительные периоды времени останавливать проведение горных работ.

В России удельный вес карьерного автотранспорта приблизился к 75 % [9], причем в ближайшей перспективе он будет увеличиваться за счет расширения открытого способа добычи угля.

Существенное влияние на работу горного оборудования оказывают климатические условия открытых горных работ, которые учитывают температуру и влажность окружающего воздуха, высоту над уровнем моря, запыленность, количество и интенсивность осадков, скорость ветра.

Климат Кемеровской области резко континентальный: зима холодная и продолжительная, лето короткое, но теплое. Среднегодовая температура колеблется от $-1,4$ до $+1,0$ °С. Среднемесячная температура в г. Кемерово составляет в январе $-19,2$ °С, а в июле $+18,6$ °С. Наиболее высокие температуры воздуха в Кемеровской области достигают летом $+38$ °С, а самые низкие зимой доходят на юге до -54 °С, на севере до -57 °С.

Автомобильный транспорт является в горной промышленности доминирующим [8]. Научно-технический прогноз показывает, что, несмотря на присущий этому виду технологического транспорта недостаток – загрязнение атмосферы отработавшими газами, альтернативы ему на достаточно далекую перспективу нет. Поэтому основное внимание конструкторов и эксплуатационников направлено на совершенствование системы карьерного транспорта: создание надежных, экономичных в топливном отношении автосамосвалов, обеспечение таких технологических условий в карьере, которые обеспечивали бы максимально возможную в конкретных условиях эффективность эксплуатации транспортных средств.

Производственные процессы на карьерах

Производственные процессы в каждом забое выполняются последовательно, т. к. объект разработки один – горная масса. Задачи, поставленные при ведении каждого процесса, разные, но цель одна – высокоэффективная разработка горных пород в целом по всем процессам с минимальными затратами.

Первый по технологии процесс – *подготовка к выемке*. Процесс подготовки горных пород большой крепости к выемке – это разрушение массива путем взрыва взрывчатого вещества, а массива пород средней крепости – механическим способом.

На рис. 5 изображен буровой станок.

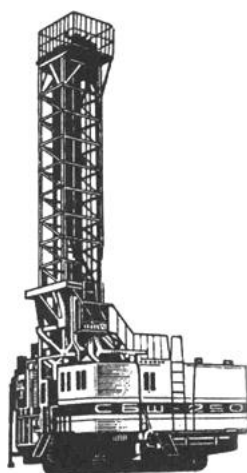


Рисунок 5 – Буровой станок

При взрывном способе в определенном порядке бурят скважины, заряжают их взрывчатым веществом и взрывают. Механический способ заключается в рыхлении пород тракторными рыхлителями.

В мягких и плотных породах разрушение массива как процесс отсутствует, т. к. как оно производится в процессе экскавации самим рабочим органом погрузочной машины, снабженной режущим инструментом.

В отдельных случаях подготовка мягких пород к выемке заключается в удалении излишней воды из массива и предохранении его зимой от промерзания.

Второй, но главный и определяющий технологию разработки процесс – *выемка и погрузка* (экскавация).

На рис. 6 представлен одноковшовый экскаватор.

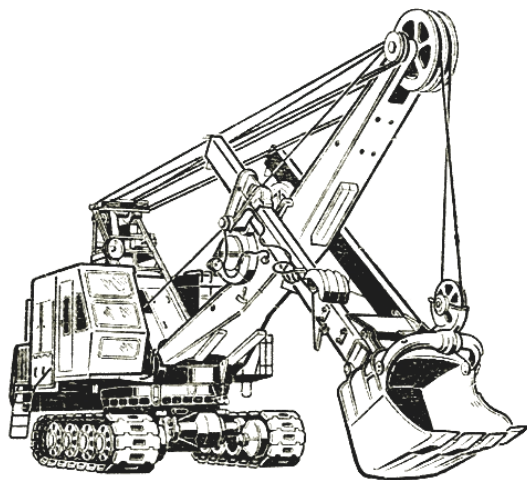


Рисунок 6 – Одноковшовый экскаватор

Выемка и погрузка заключаются во внедрении исполнительного (рабочего) органа (ковша) в массив или развал разрушенной горной массы, наполнении его для дальнейшей передачи горной массы на транспортные средства.

Третий по технологии, но самый энерго- и ресурсоемкий процесс – *перемещение* (транспортирование).

Перемещение горной массы осуществляется транспортными средствами или специальными вскрышными экскаваторами.

Четвертый процесс – *отвалообразование* для пустых пород.

Отвалообразование представляет собой процесс приема и укладки в отвал пустых пород и некондиционных руд, доставленных средствами транспорта.

Для полезного ископаемого это процесс складирования, усреднения, отгрузки потребителю или переработки полезного ископаемого и зависит от его вида и качества.

Особенности организации карьерных перевозок

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 бункеры 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 (автодорог, железнодорожных путей, конвейеров).

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

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), т. к. 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 железнодо-

рожный, автомобильный, конвейерный, гидравлический, канатный и воздушный виды транспорта. Каждому из этих видов соответствуют определенное оборудование, коммуникации, схемы и организация работ.

Наибольшее распространение на карьерах России и за рубежом получили автомобильный, железнодорожный и конвейерный транспорт, которые применяются уже в течение длительного времени.

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

Автомобильный транспорт применяется в сложных условиях залегания полезных ископаемых или при быстром продвижении 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.

Железнодорожный транспорт, ранее других применявшийся на карьерах, в настоящее время оснащен современной техникой. Совершенствуется система организации движения поездов. Применение системы СЦБ (сигнализации, централизации и блокировки) 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.

Конвейерный транспорт, способный транспортировать материал под углом 17–19°, широко применяется на карьерах России

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.

Контрольные вопросы

1. Разница между терминами «карьер», «разрез», «прииск».
2. Преимущества и недостатки открытого способа разработки месторождений полезных ископаемых.
3. Определение термина «коэффициент вскрыши».
4. Основные физико-механические свойства перевозимой горной массы и их определения.
5. Производственные процессы в карьерах и их суть.
6. Особенности работы транспорта в карьерах.

Тема 2. Автомобильный карьерный транспорт

Технология работы автомобильного карьерного транспорта

Автомобильный транспорт имеет широкое распространение на карьерах благодаря автономности, мобильности, высокой эффективности работы в сложных топографических, геологических и су- ровых климатических условиях.

Наиболее эффективная область применения автомобильного транспорта – карьеры малой и средней производительности, глубокие горизонты крупных карьеров в комбинации с железнодорожным транспортом или подъемниками.

На рис. 7 изображено схема работ в забое экскаватора при автомобильном транспорте.

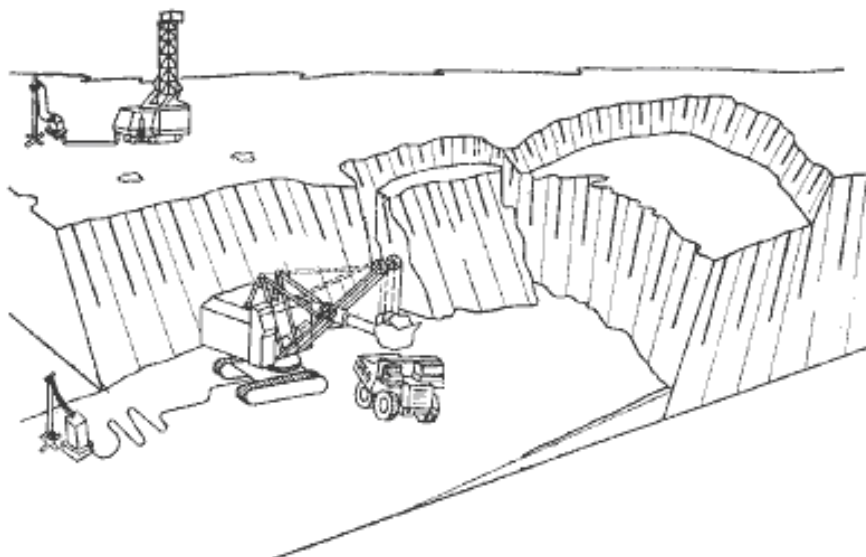


Рисунок 7 – Схема работ в забое экскаватора при автомобильном транспорте

Принцип работы автомобильного транспорта на карьерах заключается в перемещении горной массы из забоев к пунктам приема горной массы по автодороге и ее разгрузке. Автомобильный карьерный транспорт характеризуется грузооборотом, т. е. количеством груза в тоннах, перевозимого в единицу времени.

Технология работы автомобильного транспорта на карьере заключается в перевозке из карьера вскрыши, некондиционных руд на отвалы, полезного ископаемого – на склад или к бункерам обогатительной фабрики по карьерным автодорогам, объединенным во вскрышные грузопотоки и грузопотоки полезного ископаемого.

При широкой рабочей площадке или заходке автосамосвал подается под погрузку к экскаватору, совершая петлевой разворот; при стесненных условиях, при ограниченной рабочей площадке и узкой заходке и несовпадении направления движения порожнего самосвала и экскаваторной заходки автосамосвал выполняет петлевой или тупиковый разворот внутри заходки; а при совпадении направления движения порожнего самосвала и экскаваторной заходки автосамосвал подается под погрузку задним ходом после тупикового разворота внутри заходки. Виды разворотов представлены на рис. 8.

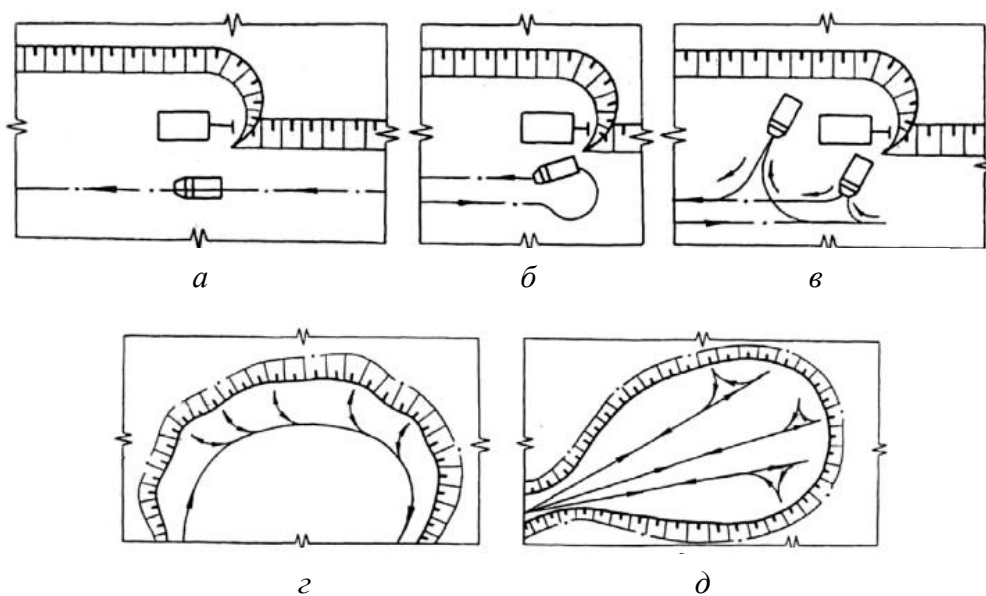


Рисунок 8 – Сквозной подъезд (а), подъезд с петлевым разворотом (б), подъезд с тупиковым разворотом карьерного автосамосвала (в), разгрузка на отвалах (г, д)

Во всех случаях подача самосвала должна быть такой, чтобы при погрузке ковш экскаватора не проходил над кабиной водителя, а угол поворота экскаватора от забоя был минимальный.

При бульдозерном отвалообразовании (рис. 9) с автомобильным транспортом процесс отвалообразования включает в себя разгрузку автосамосвалов на верхней площадке отвального уступа, перемещение пород бульдозерами под откос уступа, планировку поверхности отвала и ремонт автодорог.

Вследствие высокой стоимости карьерных автосамосвалов их простои, как и простои выемочно-погрузочной техники, должны быть минимальными. Для их уменьшения на карьерах используют два вида организации работ автотранспорта: с закреплением определенного количества самосвалов за экскаватором в течение смены (замкнутый цикл) и без закрепления, с подачей машины под погрузку каждый раз по команде диспетчера (открытый цикл). Организация работы автотранспорта при закреплении за экскаваторами наиболее простая и обеспечивает большую производительность, но ее применение возможно при надежной работе выемочно-погрузочной, отвалообразующей техники для перевозки вскрышных пород и однородного по составу полезного ископаемого.

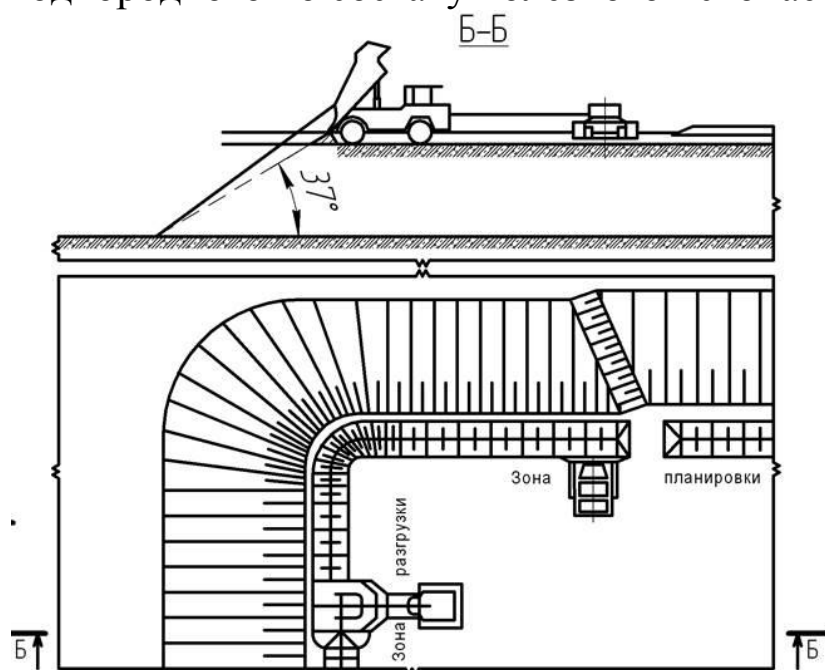


Рисунок 9 – Бульдозерное отвалообразование

Без закрепления маршрутов управление автосамосвалами осуществляется с помощью автоматизированной системы управления (АСУ), включающей средства подачи информации о состоянии экскаваторов, каждого автосамосвала, средства передачи команд водителям от ЭВМ. АСУ применяются в карьерах, где требуется усреднение полезного ископаемого, поступающего на обогатительную фабрику из разных забоев.

В настоящее время создано несколько таких систем. Принцип их работы заключается в том, что у диспетчера накапливается ин-

формация о состоянии погрузки самосвалов в каждом забое, количестве отгруженной руды определенного качества с начала смены и при подходе порожнего самосвала к контрольному пункту у карьера. Высвечиванием номера экскаватора на пульте водитель получает направление движения. При подаче на разгрузку автосамосвал взвешивается, при этом автоматически считывается его условный номер и передается в запоминающее устройство ЭВМ вместе с весом и качеством доставленного полезного ископаемого.

На рис. 10 представлена схема диспетчеризации работы на карьерах.

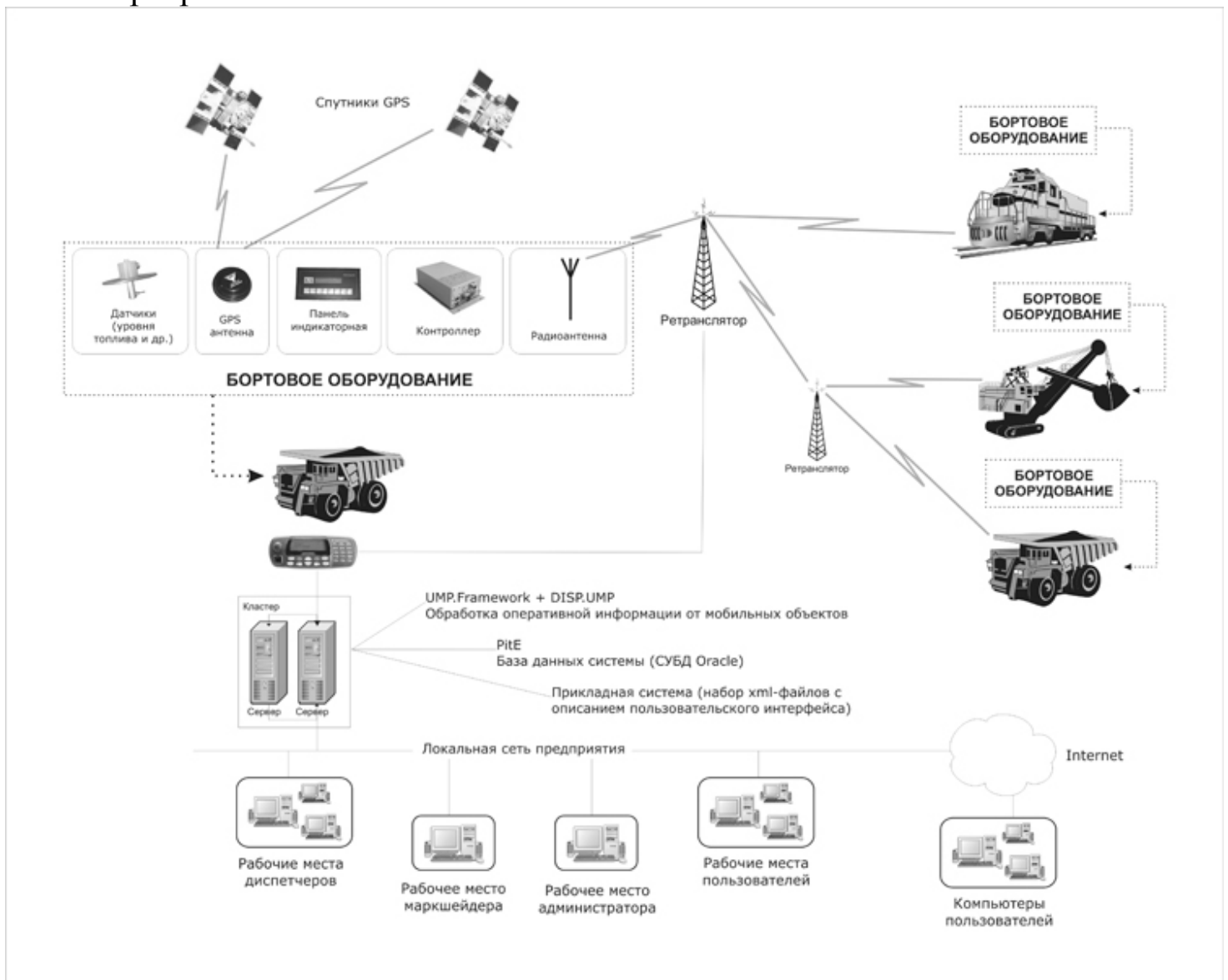


Рисунок 10 – Схема системы диспетчеризации работы на карьерах

Эффективность работы автотранспорта на карьере зависит от состояния автодорог. Для обслуживания дорог на карьерах, ремонта и строительства новых предусматривается специальная дорожная служба.

Обслуживание дорог включает постоянное их патрулирование для удаления с их поверхности осыпавшихся с кузовов кусков породы быстроходными бульдозерами на пневмоходу, периодическую подсыпку щебнем и уплотнение ее виброкатком для сохранения профиля дороги, зачистку поверхности забоев от просыпи бульдозерами, очистку водоводных канав постоянных дорог, планировку временных дорог в карьере и на отвалах грейдерами, полив дорог растворами для подавления пыли в летнее время специальными поливальными машинами, посыпание песком поверхности дороги во время гололеда пескоразбрасывателями. На рис. 11 показан автогрейдер.

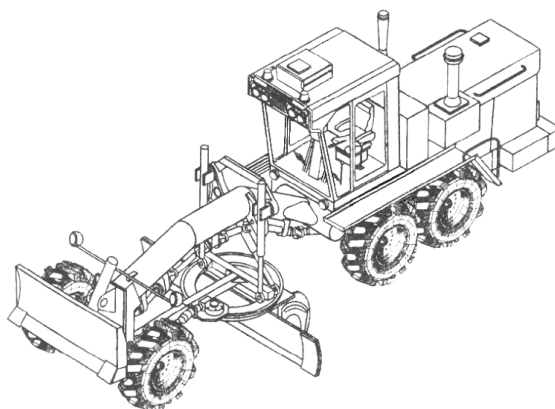


Рисунок 11 – Автогрейдер

Строительство новых дорог по мере развития карьера планируется вместе с горными работами. Сооружение основания дороги выполняется эксплуатационной горной техникой. Профилировка поверхности дороги, сооружение водоводных канав на стационарных участках трассы, покрытие выполняются автодорожной службой. Для обеспечения щебнем, песком и бетоном предусматриваются дробильно-сортировочный и растворный узлы. В качестве щебня может использоваться порода вскрыши или добываемые на специальных карьерах прочные породы. На некоторых карьерах с вечномерзлыми, полускальными породами для нормальной

эксплуатации мощных автосамосвалов в летнее время для предотвращения оттаивания мерзлоты и уменьшения на нее динамической нагрузки необходимо покрытие дорог мощным слоем щебня.

Обслуживание автопарков осуществляется в специальных помещениях автохозяйства на промплощадке. Оно предусматривает контроль систем автосамосвалов и текущий ремонт на линии, профилактику, плановый и капитальный ремонт узлов в специализированных мастерских.

К числу основных *достоинств* автомобильного транспорта, обуславливающих эффективность применения его в качестве основного карьерного транспорта, можно отнести:

- высокую маневренность и мобильность благодаря малым радиусам поворота и достаточно высоким скоростям передвижения;
- способность преодолевать достаточно крутые уклоны (до 8–10 %);
- относительно небольшие собственные размеры автомобиля;
- отсутствие специальных путей;
- возможность обеспечения большей гибкости и оперативности управления.

Эти качества автомобильного транспорта позволяют легко переносить места погрузки в карьере, регулировать транспортные потоки, применять экскаваторы на более коротком фронте работ (чем при железнодорожном транспорте). Производительность экскаваторов может быть повышена на 20–25 % по сравнению с железнодорожным транспортом за счет сокращения простоев их в ожидании подачи транспорта, а также времени на маневры и продолжительность цикла экскаватора.

Большие преодолеваемые уклоны и меньшие радиусы поворотов позволяют сократить объем работ по обустройству коммуникаций, устраивать меньшие радиусы закруглений трасс, что приводит к сокращению длины транспортных коммуникаций по сравнению с железнодорожным транспортом в 1,5–2,0 раза.

Ненужность специальных путей приводит к меньшим в 2,5–3,5 раза трудоемкости и затратам на строительство автодорог по сравнению с устройством железнодорожных путей, особенно на мягких глинистых и песчаных почвах, и в 1,2–1,5 раза – на естественном скальном основании.

Полностью отсутствует трудоемкий процесс переноса путей. Меньшими являются затраты труда на транспортный процесс в целом благодаря сокращению количества вспомогательного, обслуживающего, ремонтного персонала и путевых рабочих.

За счет большей маневренности обеспечивается такая разгрузка на отвалах, которая позволяет уменьшить в 4–5 раз трудоемкость отвалообразования по сравнению с железнодорожным транспортом, т. к. в этом случае могут применяться бульдозеры вместо экскаваторов или плугов.

Способность обеспечения большей гибкости и оперативности управления погрузочно-транспортным комплексом возможна потому, что самосвалы действуют независимо друг от друга и каждый из них в любое время при необходимости может быть направлен к любому из экскаваторов. Кроме того, выход одного автосамосвала из строя вследствие поломки не отражается на производительности труда, т. к. не вызывает остановки в работе транспорта и может быть легко восполнен.

Однако наряду с достоинствами автомобильный транспорт имеет и ряд *недостатков*, главными из которых являются следующие:

- небольшие экономически выгодные расстояния транспортировки (2–3 км, реже до 5 км);
- большая зависимость от климатических условий (сложность эксплуатации при низких температурах, снегопадах, туманах, гололедице);
- повышенный расход автомобильных шин вследствие их сильного износа при работе на скальных породах (стоимость автошин составляет 20–22 % стоимости перевозок);
- сильная загазованность, создаваемая автомобилями, особенно в глубоких карьерах, вызывает необходимость искусственного их проветривания, в противном случае вызывает в периоды безветрия, туманов, пасмурной погоды длительные простои;
- карьерные автосамосвалы представляют собой достаточно громоздкие и сложные машины, для обслуживания которых требуется сравнительно большой штат высококвалифицированного обслуживающего и ремонтного персонала;
- большая стоимость содержания и ремонта карьерных авто-

самосвалов, достигающая 30–33 % от стоимости перевозок. Следствием этого является необходимость иметь крупные, хорошо оснащенные автобазы с ремонтными и профилактическими цехами;

- зависимость работы автомобильного транспорта от своевременности и полноты поставок запасных частей, горюче-смазочных материалов;

- меньшее количество перевозимой горной массы каждым отдельно взятым агрегатом, что повышает себестоимость перевозок;

- более высокие амортизационные отчисления, обусловленные сравнительно коротким сроком службы (обычно 4–5 лет).

Средствами автомобильного транспорта являются автомобильные дороги и подвижной состав.

Карьерные автомобильные дороги

Автомобильные дороги в карьере разделяются на капитальные и временные. Капитальные дороги сооружаются на стационарных участках трассы на поверхности карьера, в траншеях и транспортных бермах. Временными являются дороги в забоях, на рабочей площадке, на скользящих съездах и на отвалах.

В зависимости от грузоподъемности и интенсивности движения капитальные дороги делятся на несколько категорий, каждая из которых имеет свои требования к покрытию дорог и их параметрам.

Капитальная автодорога состоит из основания с водоотводными канавами, насыпями, путепроводами, мостами, дорожного полотна, включающего проезжую часть с обочинами.

Параметрами дорог являются: ширина проезжей части, радиус закруглений, уклон в продольном направлении и в поперечном на виражах, наименьшее расстояние видимости поверхности дороги и автомобилей.

Проезжая часть полустационарных и стационарных дорог имеет дорожную одежду из нескольких конструктивных слоев.

Верхний слой дорожной одежды (покрытие) состоит из слоя износа, периодически возобновляемого по мере его истирания, и основного слоя, определяющего эксплуатационные свойства покрытия.

Поперечный профиль автомобильной карьерной дороги представлен на рис. 12.

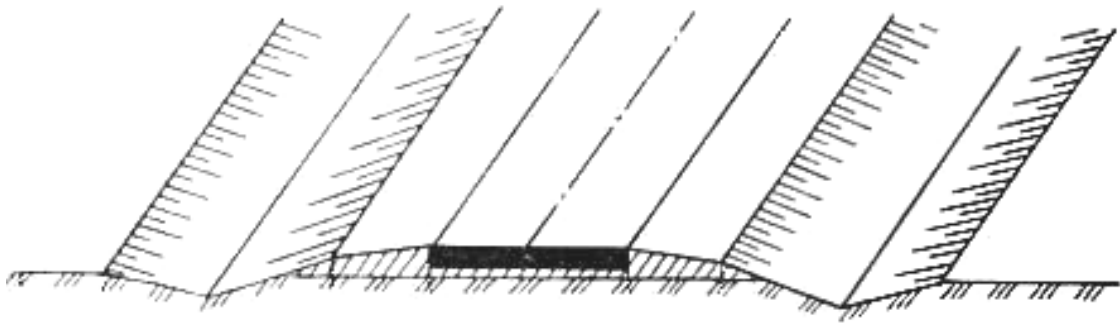


Рисунок 12 – Поперечный профиль карьерной автодороги

Несущая часть дорожной одежды (основание) обеспечивает совместно с покрытием передачу нагрузок на подстилающий слой или непосредственно на грунт земляного полотна.

Нижний конструктивный слой дорожной одежды выполняет наряду с передачей нагрузок на земляное полотно также функции морозозащитного, дренирующего, выравнивающего и других слоев.

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

Различают дорожные покрытия усовершенствованные (капитальные и облегченные), переходные и низшие. К усовершенствованным капитальным покрытиям относятся цементобетонные (моноконтные и сборные) и асфальтобетонные, укладываемые в горячем состоянии, из прочных щебеночных материалов, обработанных вязкими битумами.

К усовершенствованным облегченным относятся покрытия из щебеночных и гравийных материалов, обработанных жидкими органическими вяжущими материалами, из холодного асфальтобетона, из грунта, обработанного вяжущими битумами.

К переходным покрытиям относят щебеночные из каменных материалов и шлака, грунтощебеночные и гравийные, из грунта и местных слабых минеральных материалов, обработанных жидкими вяжущими органическими веществами. Покрытия переходного типа являются основаниями для усовершенствованных покрытий. Низшие покрытия – это грунтовые, укрепленные различными местными материалами.

Материалами для основания служат щебень, грунтощебень, гравий, грунт, обработанный вяжущими, а для дополнительного

слоя – крупнозернистый песок, гравелистые грунты, раздробленная горная порода и другие местные материалы.

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

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

Нижний слой таких дорог выполняют из песка, ракушечника, щебня, металлургического шлака, песчано-гравийной массы, а также из породы, обработанной битумом или цементом. Толщина подстилающего слоя должна быть не менее 15 см.

Получили распространение на карьерах одно- и двухслойные покрытия из каменных материалов: щебеночные, грунтощебеночные и гравийные. В двухслойной одежде верхний слой устанавливается из дробленого щебня, гравия высокого качества, отходов обогащения. Толщина таких одежд при эксплуатации автомобилей грузоподъемностью 110–180 т превышает 1 м.

Щебеночные и гравийные одежды удовлетворительно работают при укладке сверху покрытий из щебня и гравия, обработанных черными вяжущими, предохраняющими дорожную одежду от разрушения и предотвращающими образование пыли.

Проезжая часть автомобильных дорог на транспортных бермах борта карьера ограждается у призмы обрушения предохранительными сооружениями в виде ориентирующего или удерживающего породного вала или отклоняющего анкерного железобетонного сооружения.

Со стороны откоса борта карьера предусматривается площадка для сбора осыпей, водоотводная канава.

Временные дороги не имеют нижнего строения и мощного покрытия, как капитальные. Временные дороги в карьере и на отвалах

прокладываются бульдозерами с подсыпкой щебня на рыхлых породах со слабой несущей способностью.

Схема движения на дорогах в карьере строится с учетом правостороннего примыкания к главной трассе грузопотока от рабочих горизонтов отвала без пересечений и возможного обеспечения точности движения.

Подвижной состав автомобильного карьерного транспорта

Тенденции развития конструкций карьерных автосамосвалов на современном этапе характеризуются не только увеличением их мощности, габаритов, массы, грузоподъемности, но и конструктивным усовершенствованием всех основных систем и узлов автосамосвалов с целью повышения экономической эффективности их использования и безопасности ведения работ. Общий вид карьерного автосамосвала представлен на рис. 13.

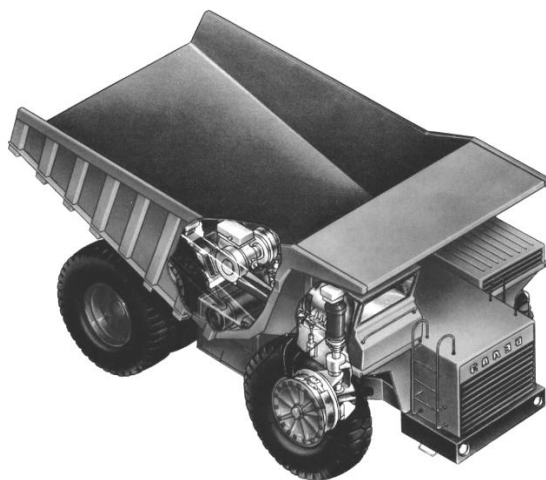


Рисунок 13 – Карьерный автосамосвал

Производство большегрузных автосамосвалов сконцентрировано в настоящее время на машиностроительных заводах семи крупных мировых концернов: Komatsu-Haulpak, Euclid-Hitachi, Caterpillar, Liebherr, Terex, Kress и ПО «БелАЗ», охватывающих диапазон грузоподъемности от 20 до 360 т.

В качестве силовой установки карьерных автосамосвалов служит, как правило, дизель с наддувом. На зарубежных карьерных самосвалах в основном применяются двигатели фирм Caterpillar,

DetroitDiesel, Cummins. На автосамосвалах семейства БелАЗ используют также двигатели ЯМЗ.

Применяемые в настоящее время гидромеханическая (далее – ГМТ) и электромеханическая (далее – ЭМТ) трансмиссии наиболее полно удовлетворяют условиям работы карьерных автосамосвалов. Оба типа трансмиссии конструктивно отработаны, и технология их производства обеспечивает высокое качество и надежность их в эксплуатации. На карьерных автосамосвалах грузоподъемностью до 80–100 т применяют обычно ГМТ, более 100 т – ЭМТ.

Однозначно ответить на вопрос, какая трансмиссия подходит больше для данного класса автосамосвалов, не представляется возможным, т. к. каждая из них обладает своими определенными преимуществами и недостатками.

Преимущества ГМТ: меньшая стоимость, меньше затраты на техническое обслуживание и ремонт, больший КПД на максимальной скорости, возможность получения большей мощности тормоза-замедлителя, меньшая масса, отсутствие перегрева при движении на затяжной подъем. Преимуществом ЭМТ является компактность и удобство компоновки самой передачи, что позволяет варьировать компоновочную схему автосамосвала.

На карьерных автосамосвалах применяются, как правило, радиальные бескамерные шины с карьерным рисунком протектора производства зарубежных фирм Bridgestone, Michelin, а также отечественных шинных заводов. Шины такого типа обеспечивают большую грузоподъемность, меньшее сопротивление качению, обладают большей долговечностью вследствие меньшего нагрева при работе.

Рама карьерных автосамосвалов обычно лонжеронная, состоящая из двух лонжеронов коробчатого сечения с переменным профилем по длине, которые связаны между собой рядом поперечин.

Некоторые фирмы-производители разработали принципиально новый тип рамы – шарнирно-сочлененную. На передней части рамы располагаются двигатель, органы управления и кабина водителя, на задней – кузов. Центральный шарнир позволяет обеим частям рамы поворачиваться относительно друг друга на 45° в каждую сторону в горизонтальной плоскости и на 360° вокруг продольной оси автомобиля.

Общие преимущества перед самосвалом с жесткой рамой заключаются в следующем: малая чувствительность к качеству дорог, выше проходимость, меньший коридор и радиус поворота, возможность установки спаренных колес на переднюю ось, что позволяет повысить грузоподъемность без увеличения размера устанавливаемых шин.

На карьерных самосвалах, как правило, используются пневмогидравлические подвески, обеспечивающие высокую плавность хода.

Кузова в основном применяются совкового типа, преимуществом которых является пониженный центр тяжести загруженного автосамосвала. Все карьерные автосамосвалы имеют, как правило, набор сменных кузовов для перевозки горной массы различного насыпного веса. На рис. 14 изображен карьерный автосамосвал с поднятым кузовом.



Рисунок 14 – Карьерный автосамосвал с поднятым кузовом

Выпуск отработавших газов осуществляется через грузовую платформу, что позволяет избежать примерзания в зимнее время влажных грузов. Разгрузка кузова осуществляется назад, что наиболее просто выполнить в конструктивном исполнении, хотя при этом приходится затрачивать время на дополнительные маневры в пунктах разгрузки.

Из-за больших габаритов, нагрузок на колеса, больших требуемых усилий для поворота управляемых колес карьерных автосамосвалов их система рулевого управления отличается большой

сложностью. На всех карьерных автосамосвалах применяется рулевое управление с гидроусилителем. Особенностью его является наличие пневмогидравлических аккумуляторов, обеспечивающих его работоспособность при остановке двигателя автосамосвала.

Для повышения надежности и безопасности гидросистемы усилителя рулевого привода и механизма подъема платформы объединены. Для подачи рабочей жидкости в каждую систему используются дублирующие друг друга гидронасосы.

Для обеспечения безопасной работы в сложных условиях современные карьерные автосамосвалы имеют обычно четыре тормозные системы: рабочую, аварийную, стояночную и вспомогательную (тормоз-замедлитель), причем некоторые системы зачастую объединяют.

На зарубежных карьерных автосамосвалах применяется пневмогидравлический привод тормозов, на автосамосвалах семейства БелАЗ – либо пневматический, либо гидравлический. Недостатками пневматического привода являются большое время срабатывания, большие габаритные размеры; но такой привод обеспечивает легкость управления. Гидравлический привод позволяет получить высокие рабочие давления и уменьшить размеры приводных механизмов. Привод выполняется разделенным на два контура: контур передних и контур задних тормозов.

В качестве колесных тормозов наиболее распространены колодочные (барабанные и дисковые) тормозные механизмы, которые просты в обслуживании и ремонте.

Для обеспечения равномерного движения автосамосвала на спуске с безопасной скоростью при ЭМТ используют электродинамический тормоз-замедлитель. Тяговые электродвигатели при этом работают в режиме генераторов; вырабатываемая ими энергия преобразуется в тормозных резисторах в тепловую и рассеивается в атмосфере.

На карьерных автосамосвалах применяется два типа трансмиссии: гидромеханическая и электромеханическая. Автомобили особо большой грузоподъемности (130–220 т) оснащаются электромеханической трансмиссией.

Для карьерных автосамосвалов особо большой грузоподъемности электромеханическая трансмиссия является основным видом трансмиссии.

Электромеханическая трансмиссия позволяет существенно упростить кинематическую схему автосамосвала по сравнению с механической и гидромеханической трансмиссиями. Электромеханическая трансмиссия имеет следующие преимущества:

- является полностью автоматической бесступенчатой (момент и соответственно тяговое усилие на колесе изменяются при изменении сопротивления в шунтовой обмотке генератора);

- легко компоуется на автомобиле;

- удобна в управлении (водитель при управлении пользуется одним рычагом, имеющим три положения: вперед, назад, нейтральное);

- имеет высокую надежность и большой ресурс;

- удобна и проста в обслуживании.

Недостатком электрической трансмиссии является большой собственный вес и высокая стоимость.

Стоимость автомобиля с электроприводом на 4–7 % больше, чем с гидромеханической трансмиссией.

Кроме этого, особенно на малых скоростях и при высоких нагрузках, например на подъемах, электрическая трансмиссия имеет более низкий коэффициент полезного действия, что вызывает более высокий расход топлива.

Несмотря на перечисленные недостатки, электрическая трансмиссия для карьерных автомобилей, работающих в переменном режиме, является основным видом трансмиссии, применяемым на автосамосвалах особо большой грузоподъемности.

Электромеханическая трансмиссия состоит из дизель-генераторной установки, тяговых электродвигателей, механической передачи и аппаратуры управления тяговыми электродвигателями. На автосамосвалах распространена компоновка тягового электродвигателя и механической передачи (редуктора) в ступице заднего (ведущего) колеса, получившая название электромотор-колесо.

Редуктор – это законченный механизм, соединяющийся с двигателем и рабочей машиной открытыми механическими передачами и муфтами. В его корпусе размещены червячные передачи или зубчатые, они неподвижно закреплены на валах. Подшипники размещены в гнездах корпуса, на них опираются валы.

Мотор-редуктор – агрегат, представляющий собой совмещенные в одном блоке электродвигатель и редуктор. Как элемент электропривода широко применяется во всех областях промышленности; достоинства его – высокий КПД, простота обслуживания, компактность, упрощенный монтаж. В зависимости от типа используемой передачи, выделяют планетарные, червячные, цилиндрические, волновые и прочие мотор-редукторы. В РМК карьерных автосамосвалов применяются планетарные двухрядные передачи.

Механические передачи мотор-редукторов предназначены для согласования параметров передаваемой мощности от двигателей к исполнительным механизмам.

Мотор-колесо изображено на рис. 15.

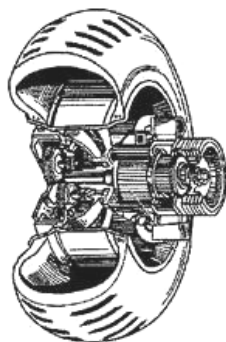


Рисунок 15 – Мотор-колесо

У автосамосвалов с ГМТ в качестве динамической тормозной системы используется гидравлический тормоз-замедлитель. Сопротивление создается жидкостью при перемешивании ее лопастями ротора, закрепленного в отдельном картере на ведомом валу коробки передач.

В настоящее время в связи с увеличением загазованности от эксплуатации автотранспорта на глубоких горизонтах карьеров и ограничением в расходах дизельного топлива возрос интерес к использованию на карьерах троллейбусов. Современные автосамосвалы большой грузоподъемности с мотор-колесами вполне способны использовать питание от контактных проводов на стационарных участках трассы.

Применение дизелей-троллейбусов (рис. 16) увеличивает производительность автотранспорта на 30 %, скорость на уклонах повышается на 70 %, при этом экономия топлива составляет до 60 %.



Рисунок 16 – Дизель-троллейвоз

Наряду с созданием самосвалов развитие отечественного и зарубежного карьерного автотранспорта происходит создание 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 преимущественное распространение получили полуприцепы с донной разгрузкой и разгрузкой назад.

Эксплуатационный расчет автомобильного карьерного транспорта

Производительность автомобильного транспорта зависит от грузоподъемности автосамосвала и скорости его движения, поэтому расчет параметров автотранспорта в конкретных горнотехнических условиях производится в следующем порядке: выбирается тип автосамосвала, затем рассчитывается скорость движения, время погрузки, движения, рейса и парк машин.

При выборе типа (грузоподъемности) автосамосвала руководствуются следующими соображениями.

При большей мощности карьера, больших глубинах, расстояниях транспортирования и повышенных уклонах предпочтительно выбирать машины с большей удельной мощностью и грузоподъемностью. Вместе с тем необходимо учитывать, что как по прочности, так и по организационным соображениям в кузове автосамосвала должно помещаться 3–5 ковшей экскаватора (погрузчика).

При прочих равных условиях число погружаемых ковшей определяется расчетной величиной плотности транспортируемой горной массы. Как правило, для пород малой плотности число погружаемых ковшей лимитируется объемом кузова автосамосвала; для пород большей плотности – его грузоподъемностью.

Число ковшей экскаватора, помещающихся в кузов автосамосвала по объему:

$$n'_K = \frac{V_{\text{шап}}}{V_K \cdot k_{\text{н.к}} \cdot k_y}, \quad (2.1)$$

где $V_{\text{шап}}$ – объем кузова автосамосвала с шапкой, м³;

V_K – объем ковша экскаватора, м³;

$k_{\text{н.к}}$ – коэффициент наполнения ковша;

k_y – коэффициент уплотнения горной массы в кузове.

Число ковшей, помещающихся в кузов автосамосвала по грузоподъемности:

$$n''_K = \frac{G \cdot k_{\text{р.к}}}{V_K \cdot k_{\text{н.к}} \cdot \rho_{\text{ц}}}, \quad (2.2)$$

где G – номинальная грузоподъемность автосамосвала, т;

$k_{\text{р.к}}$ – коэффициент разрыхления горной массы в ковше;

$\rho_{\text{ц}}$ – плотность горной массы в целике, т/м³.

Для дальнейших расчетов число ковшей принимают по минимальному значению и округляют до целого n_K .

Тогда коэффициент использования грузоподъемности:

$$k_{\text{гр}} = \frac{n_K}{n''_K}. \quad (2.3)$$

По требующейся грузоподъемности и вместимости автосамосвала выбирают конкретный типоразмер машины. В том случае, когда примерно равноценными оказываются несколько типов автосамосвалов, уточнение последнего производится или по минимуму приведенных затрат, или с учетом особенностей конкретного карьера.

Скорость движения автосамосвала (км/ч) для каждого участка трассы определяют по динамической характеристике машины либо по формуле

$$V = \frac{(3,6 \cdot N \cdot \eta_{\text{тр}} \cdot \eta_{\text{о.м}})}{k_{\text{сц}} \cdot P \cdot g \cdot \varphi}, \quad (2.4)$$

где N – мощность первичного дизеля, кВт;

$\eta_{\text{тр}}$ – КПД трансмиссии;

$\eta_{\text{о.м}}$ – коэффициент отбора мощности на вспомогательные механизмы автосамосвала;

$k_{\text{сц}}$ – коэффициент сцепной массы;

P – полная масса автосамосвала, т;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

φ – коэффициент сцепления колес с дорогой в тяговом режиме.

На забойных и отвальных участках пути правилами безопасности скорость движения ограничивается до 15–20 км/ч. На капитальных участках трассы возможная скорость движения автосамосвала ограничивается длиной тормозного пути при экстренном торможении, которая должна быть не менее расстояния видимости 20–100 м.

Тормозной путь автосамосвала (м):

$$L_{\text{т}} = \frac{(3,9 \cdot (1 + \gamma) \cdot V^2)}{(\omega_0 \pm i + 1000 \cdot \varphi_{\text{т}})}, \quad (2.5)$$

где γ – коэффициент учета вращающихся масс при торможении;

ω_0 – основное сопротивление движению, Н/кН;

i – уклон автодороги, ‰;

$\varphi_{\text{т}}$ – коэффициент сцепления колес с дорогой при торможении.

Техническая производительность автосамосвала (т/ч):

$$Q_{\text{т}} = G \cdot n_{\text{р}} \cdot k_{\text{гр}}, \quad (2.6)$$

где $n_{\text{р}}$ – число рейсов в час.

Число рейсов в час зависит от продолжительности рейса (ч):

$$t_{\text{р}} = (t_{\text{гр}} + t_{\text{пор}}) + t_{\text{п}} + t_{\text{р}} + t_{\text{ман}}, \quad (2.7)$$

где $t_{\text{гр}}$ – время движения груженого автосамосвала, ч;

$t_{\text{пор}}$ – время движения порожнего автосамосвала, ч;

$t_{\text{п}}$ – время погрузки автосамосвала, ч;

$t_{\text{р}}$ – время разгрузки автосамосвала, ч;

$t_{\text{ман}}$ – время, затрачиваемое на маневры в забое и пункте разгрузки, ч.

Время движения груженого и порожнего автосамосвалов (ч):

$$t_{\text{гр}} = \frac{L_{\text{гр}}}{V_{\text{гр}}} \cdot k_p; \quad (2.8)$$

$$t_{\text{гр}} = \frac{L_{\text{пор}}}{V_{\text{пор}}} \cdot k_p, \quad (2.9)$$

где $L_{\text{гр}}$, $L_{\text{пор}}$ – длина пути в грузовом и порожнем направлении, соответственно, км;

$V_{\text{гр}}$, $V_{\text{пор}}$ – скорость движения груженого и порожнего автосамосвала, км/ч;

k_p – коэффициент, учитывающий разгон и торможение автосамосвала.

Время погрузки автосамосвала (ч):

$$t_{\text{пог}} = \frac{n_k \cdot t_{\text{ц}}}{3600}, \quad (2.10)$$

где $t_{\text{ц}}$ – время цикла экскаватора (погрузчика), с.

Длительность разгрузки автосамосвала складывается из времени подъема и опускания кузова.

Время маневров неизбежно занимает часть времени рейса. Данное время затрачивается на подъезды и установку машин к месту погрузки и разгрузки с необходимым маневрированием. Схемы подъезда к экскаватору и установки машин (сквозная, кольцевая, петлевая) определяются принятым порядком организации работ, размером рабочих площадок, состоянием дорожных подъездов.

Сменная эксплуатационная производительность автосамосвала (т/смену) учитывает длительность смены T и коэффициент использования сменного времени $k_{\text{и}}$:

$$Q_{\text{см}} = Q_t \cdot T \cdot k_{\text{и}}. \quad (2.11)$$

Рабочий парк автосамосвалов, необходимый для обслуживания одного экскаватора (погрузчика) в смену:

$$N_p = \frac{Q}{Q_{\text{см}}} \cdot f_{\text{н.г}}, \quad (2.12)$$

где Q – сменная эксплуатационная производительность экскаватора (погрузчика), т/см;

$f_{н.г}$ – коэффициент неравномерности суточного грузопотока.

Число автосамосвалов, необходимых для обслуживания одного экскаватора (погрузчика), должно быть целым; округление в меньшую сторону ведет к простоям выемочно-погрузочной машины, в большую – к простоям автосамосвалов. Неизбежность простоев обусловлена также многофакторностью технологических процессов на карьерах. В любом случае время ожидания не должно превышать половины времени погрузки автосамосвала.

Инвентарный парк автосамосвалов:

$$N_{и} = \frac{N_p}{k_{т.г}}, \quad (2.13)$$

где $k_{т.г}$ – коэффициент технической готовности автосамосвалов.

Годовая эксплуатационная производительность автосамосвалов (т/год) определяется исходя из сменной производительности, по коэффициенту технической готовности и режиму работы карьера:

$$Q_{год} = Q_{см} \cdot n \cdot N_{год} \cdot k_{т.г}, \quad (2.14)$$

где n – число смен в сутки;

$N_{год}$ – число рабочих дней в году.

Контрольные вопросы

1. Основные преимущества карьерного автотранспорта. Область его рационального использования.
2. Критерии подбора комплекса «экскаватор – автосамосвал».
3. Основные параметры карьерных автодорог.
4. Рациональное количество ковшей экскаватора (погрузчика), погружаемых в кузов автосамосвала.
5. Методика определения потребного количества автосамосвалов для работы в комплексе с экскаватором.

Тема 3. Железнодорожный карьерный транспорт

Технология работы железнодорожного карьерного транспорта

Железнодорожный транспорт получил большое распространение на карьерах России и за рубежом. Он используется как при мощных грузопотоках, так и при незначительных. Глубина разработки с применением железнодорожного транспорта достигает 250 м, а в отдельных случаях и более. Расстояние внутрикарьерного транспортирования составляет 2–5 км, а с учетом поверхности достигает 12–15 км и более.

Принцип работы железнодорожного транспорта заключается в перемещении горной массы в вагонах к месту разгрузки локомотивами. Порожние составы со станций направляются в забой под погрузку к экскаватору, который к моменту подхода порожняка должен закончить погрузку состава. Схема работ экскаватора в забое при погрузке в железнодорожный транспорт представлена на рис. 17.

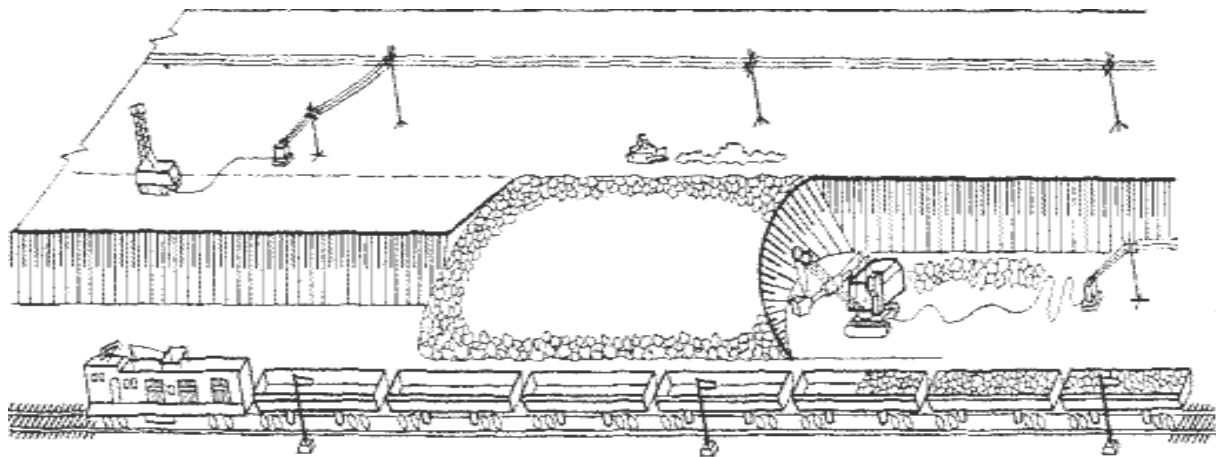


Рисунок 17 – Схема работ экскаватора в забое при погрузке в железнодорожный транспорт

Ввиду того, что на карьере в работе находится много экскаваторов, информация о состоянии погрузки составов централизована. Она накапливается у диспетчера через радиосвязь. Диспетчер по своему опыту или с помощью ЭВМ определяет время, необходимое для окончания погрузки состава у каждого экскаватора, и время движения к нему порожнего состава. Исходя из минимума простоев

экскаваторов и подвижного состава он определяет маршрут порожнему подвижному составу.

Схема работ на отвале представлена на рис. 18.

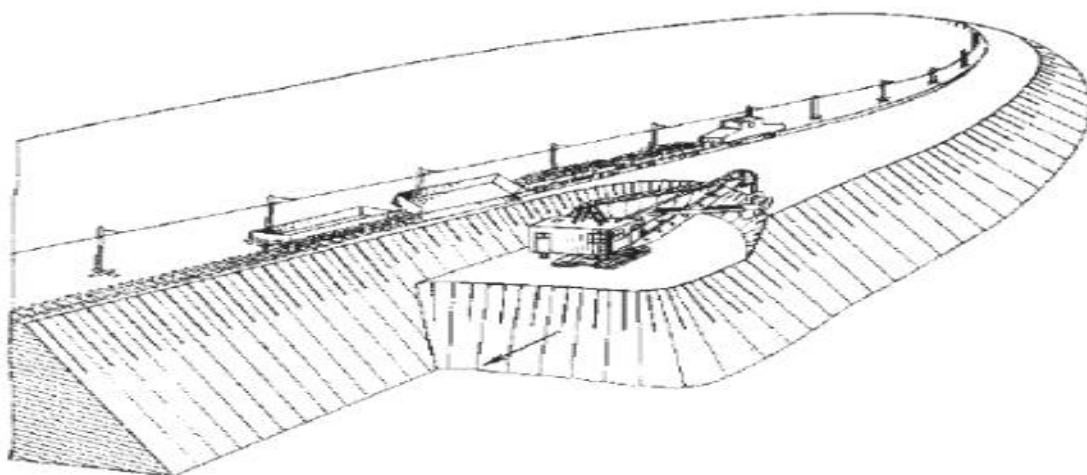


Рисунок 18 – Схема работ на отвале при погрузке в железнодорожный транспорт

При движении груженого состава из карьера локомотив находится в начале состава поезда, при подаче порожнего состава в забой – в конце состава поезда.

Погрузку начинают с последнего вагона периодической передвижкой состава по сигналу машиниста экскаватора. Разгрузка на отвале начинается с первого вагона поезда.

Путеукладчик представлен на рис. 19.

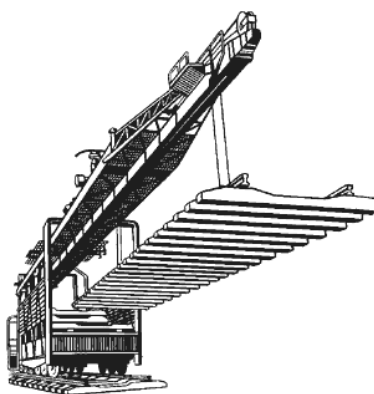


Рисунок 19 – Путееукладчик

После отработки заходки на горизонте или заполнения полосы на отвале железнодорожные пути передвигаются. Передвижка пути

при разработке скальных пород является многооперационным и трудоемким процессом. Он выполняется в зависимости от механизации с разборкой пути или без нее.

Процесс передвижки пути с разборкой заключается в планировке трассы, разборке звеньев пути и последовательном их перемещении железнодорожным краном на новую трассу, перемещении опор канатной сети, соединении звеньев, рихтовке по оси пути и выравнивании пути в горизонтальной плоскости, подштопке и устранении повреждений крепления рельсов к шпалам, которые происходят при отрыве шпальной клетки от земляного полотна, особенно в зимнее время.

Достоинствами железнодорожного транспорта являются высокая надежность, возможность перевозить практически любые насыпные грузы, малая зависимость его эффективности от климатических условий, возможность достижения высокой производительности за счет пропуска большого числа поездов и увеличения массы поезда до 1500–2000 т, относительно низкие удельные затраты на транспортирование, большой срок службы оборудования, возможность использования любых типов энергии и локомотивов, незначительное негативное воздействие на окружающую среду.

Недостатками железнодорожного транспорта, ограничивающими область его применения, являются большая протяженность фронта работ (не менее 300–500 м), значительные радиусы поворота (не менее 80–100 м), незначительные подъемы (40–60 ‰), значительные затраты на перемещение рельсошпальной решетки и контактной сети, малая механизация вспомогательных работ, большие капитальные затраты и др.

Средствами железнодорожного транспорта являются рельсовые пути и подвижной состав.

Рельсовые пути карьерного железнодорожного транспорта

По условиям эксплуатации рельсовые карьерные пути делятся на стационарные, сохраняющие свое положение постоянно или в течение длительного времени (пути на поверхности, транспортных бермах и в капитальных траншеях), и временные пути, периодически перемещаемые (на уступах и отвалах).

Железнодорожный путь состоит из нижнего и верхнего строений. К нижнему строению относится земляное полотно с искусственными сооружениями (мостами, путепроводами, эстакадами) и водоотводными системами (трубами, лотками, канавами, кюветами). К верхнему строению пути относятся рельсы (рис. 20) со стыковыми (рис. 24) и промежуточными скреплениями (рис. 22–23), шпалы и балластный слой, противоугонные устройства.

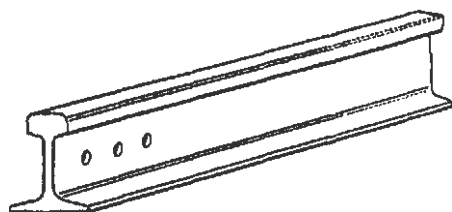


Рисунок 20 – Рельс

Рельсы служат для направления движущихся колес подвижного состава, восприятия и передачи давления нижележащим элементам верхнего строения пути. На рис. 21 представлен участок железнодорожного пути.

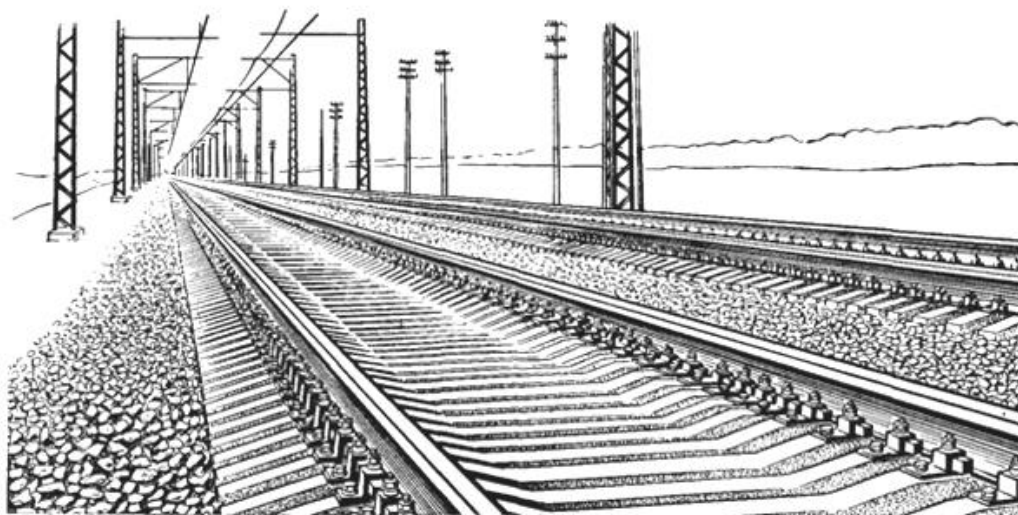


Рисунок 21 – Участок железнодорожного пути

Форма рельса определяется характером действующих нагрузок. Так как вертикальная нагрузка является наибольшей, то основной формы рельса является двутавровое сечение, обладающее наи-

большим сопротивлением изгибу. При этом верхняя полка двутавра приспособляется для качения по ней колес подвижного состава, а нижняя – для прикрепления рельса к шпалам.

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

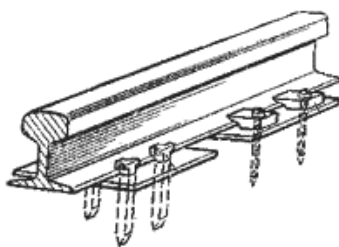


Рисунок 22 – Промежуточные рельсовые скрепления костылями

К промежуточным рельсовым скреплениям относятся прикрепители, подкладки и прокладки. В качестве прикрепителей используют костыли, шурупы и болты. Подкладка служит опорой рельса на шпалу и благодаря выступам препятствует смещению рельсов в сторону. Подкладки выполняют с уклоном 50 ‰, что обеспечивает подуклонку рельсов к оси пути. Подуклонка хорошо центрирует движение колес локомотивосостава при случайных боковых силовых воздействиях. Деревянные или резиновые прокладки укладывают между подошвой рельса и подкладками или шпалами. Прокладки создают необходимую амортизацию и снижают динамические нагрузки на рельсы от подвижного состава, что увеличивает срок службы рельсового пути. В подкладках и прокладках имеются отверстия, через которые проходят костыли, шурупы или винты, прикрепляющие рельсы к шпалам.

Наибольшее распространение при разработке месторождений открытым способом получили прикрепители в виде костылей, однако быстрое расшатывание и ослабление связи рельсов со шпалами является существенным недостатком этого крепления.

Прочность прикрепления рельсов к шпалам имеет исключительное значение для передвижных путей, т. к. при их разборке на отдельные звенья, повторной укладке и сборке крепление ослабляется и прикрепители выдергиваются из шпал. Поэтому в последнее

время в качестве крепежителей применяют шурупы с прижимными пружинными клеммами.

Наиболее прочно болтовое соединение рельсов со шпалами. Для этой цели используют специальные двухребордчатые подкладки и два прижима. При передвижке путей без разборки на составные звенья с использованием специальных путепередвижительных машин применяют болтовые соединения клинового типа. Несмотря на большую прочность, болтовое соединение клинового типа допускает некоторую подвижность рельса относительно шпал, что необходимо при безразборной передвижке рельсовых путей.

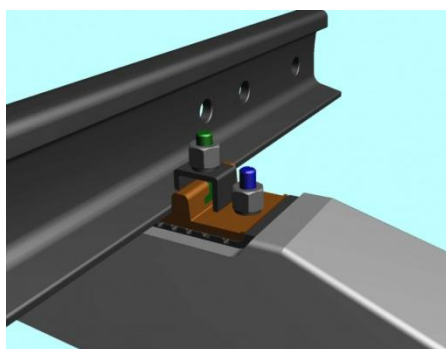


Рисунок 23 – Промежуточные рельсовые скрепления болтами

Стыковые скрепления, предназначенные для связи рельсов между собой, выполняют в виде накладок различного типа. 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.

На путях с нормальной колеей и рельсами тяжелого типа применяют двухголовые накладки, обладающие большой жесткостью. Для скрепления накладок с рельсами применяют стыковые болты с пружинящими шайбами, предотвращающими их самопроизвольное отвинчивание. При передвижке путей с использованием путепередвижительных машин накладки выполняют с выемками в верхней части для пропуска роликов захватывающего устройства.

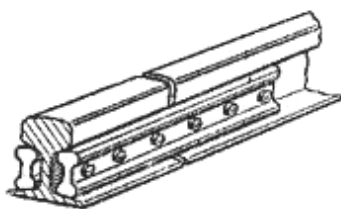


Рисунок 24 – Стыковое рельсовое скрепление

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 рельсошпальной решеткой применяют болтовое прикреплении электрических соединителей.

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

Материалом для шпал служат дерево, железобетон и металл. Наибольшее распространение получили деревянные шпалы – упругие, легкие, дешевые и удобные при производстве путевых работ.

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, рельсошпальная 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 креплений; периодический ремонт шпал на звеносборочных базах.

Долговечность стационарных путей значительно повышается в случае применения железобетонных шпал (рис. 25).



Рисунок 25 – Железобетонная шпала

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. 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 бурoughольных карьерах Германии 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.

Рельсошпальная решетка укладывается на *балластный слой*, являющийся упругим основанием, способствующим более равномерному распределению усилия на рельсы и смягчающим динамические нагрузки на земляное полотно. Кроме того, балластный слой, обладающий достаточной пористостью, способствует отводу поверхностных вод от рельсов и шпал и тем самым замедляет коррозию рельсов и гниение шпал.

Для балласта используют щебень, гальку, гравий, крупнозернистый песок. Обычно щебень получают посредством дробления твердых вскрышных пород. На передвижных путях для балласта почти всегда используют пустые породы или отходы горного производства, если их свойства соответствуют требованиям, предъявляемым к балластировочным материалам.

Толщина балластного слоя определяется свойствами грунтов земляного полотна и нагрузкой на ось подвижного состава.

Стрелочным переводом (рис. 26) называется устройство, служащее для перевода подвижного состава с одного пути на другой.

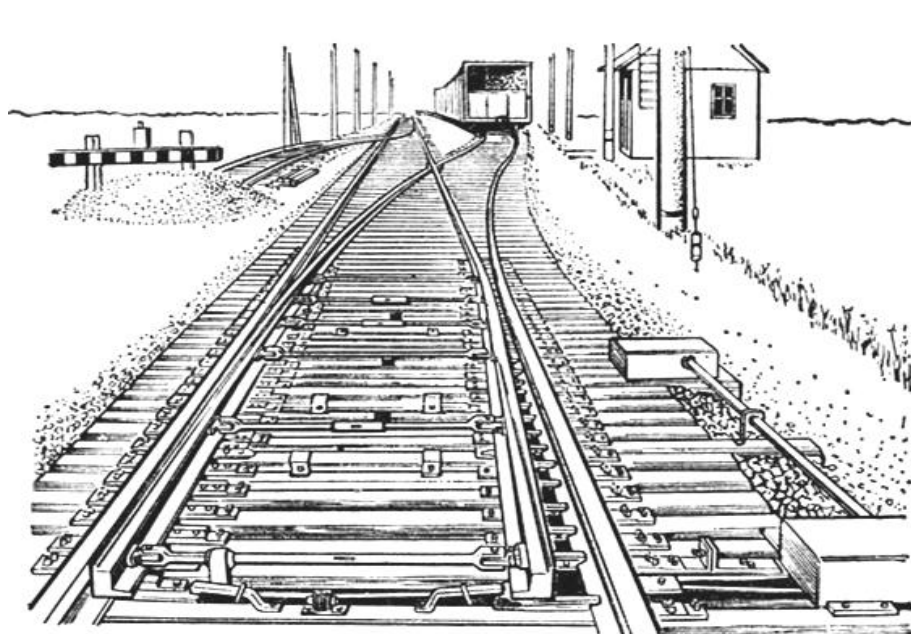


Рисунок 26 – Стрелочный перевод

Наиболее простым является одиночный стрелочный перевод, в котором один из разветвляющихся путей сохраняет прямое направление.

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

Стрелкой называется часть стрелочного перевода, состоящая из двух рамных рельсов, двух остяков (или перьев) и переводного механизма. Рамные рельсы, к которым прилегают остяки, являются продолжением путевых рельсов. Они укладываются на специальных подкладках или сплошных металлических листах – лафетах.

Остяки служат для направления подвижного состава на тот

или иной путь и представляют собой отрезки рельсов, 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.

Крестовина стрелочного перевода, предназначенная для пропуска гребней колес подвижного состава в местах пересечения рельсовых ниток, состоит из сердечника и двух усювиков. Математическим центром крестовины называется точка пересечения граней сердечника, однако фактически сердечник заканчивают острием.

Горлом крестовины называется наименьшее расстояние между усювиками.

Промежуток от горла крестовины до остряка, где колеса не направляются рельсовыми нитями, называется вредным, или мертвым, пространством. Направление колес на этом участке обеспечивается контррельсами.

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

Подвижной состав железнодорожного карьерного транспорта

Технологический подвижной состав железнодорожного транспорта на карьерах состоит из локомотивов и вагонов.

На открытых разработках получили распространение локомотивы на тепловозной и электрической тяге, а также их комбинация, использующая преимущество обоих видов.

Тепловозом называется локомотив, оборудованный двигателем внутреннего сгорания. Тепловозы с электрической передачей находят широкое применение на железных дорогах общего пользования и на карьерах. Тепловоз ТЭМ-2 представлен на рис. 27.



Рисунок 27 – Тепловоз ТЭМ-2

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

Оборудование тепловоза ТЭМ-2 монтируется на главной раме, которая устанавливается на двух трехосных тележках.

Кузов тепловоза капотного типа состоит из пяти основных частей: холодильной камеры, отсека над дизельным помещением, отсека над аппаратной (высоковольтной) камерой, кабины машиниста и отсека над аккумуляторным помещением. Части кузова над двигателем и аппаратной камерой съемные для возможности выемки расположенного под ними крупного оборудования. Остальные части кузова приварены к главной раме, в них есть боковые двери и люки в крыше. В кабине установлен пульт с приборами управления тепловозом.

Трехосная тележка (рис. 28) 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.

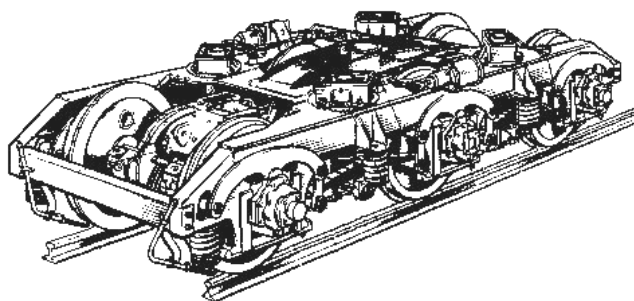


Рисунок 28 – Трехосная тележка

Рама тележки представляет собой сварную конструкцию, состоящую из двух боковин и двух межрамных креплений коробчатого сечения, двух концевых балок и шкворневой балки. Буксовые челюсти отлиты из стали и вварены в боковины.

Рессорное подвешивание на каждой стороне тележки сбалансировано в отдельную группу (точку). Вертикальная нагрузка на тележке воспринимается четырьмя восьмилистовыми рессорами, опирающимися через резиновые амортизаторы на нижний пояс боковин. По концам тележки также через резиновые амортизаторы нагрузка воспринимается цилиндрическими спиральными пружинами.

Колесная пара тепловоза (рис. 29) состоит из оси, двух колесных центров с напрессованными бандажами и двух зубчатых колес, расположенных между центрами. На концах осей предусмотрено закрепление шайб буксовых подшипников.

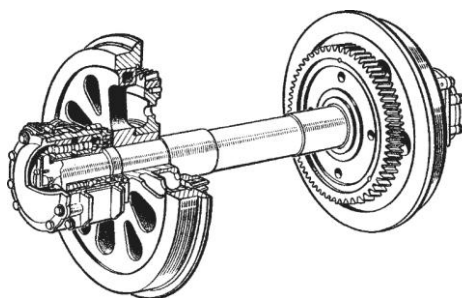


Рисунок 29 – Колесная пара тепловоза

Электрическая тяга на карьерах имеет ряд преимуществ, основными из которых являются возможность преодоления значительных подъемов без существенного снижения скоростей движения (до 45 %, а при тяговых агрегатах – до 60 %), высокая удельная

мощность (10–18 кВт) и способность выдерживать значительные кратковременные перегрузки, возможность увеличения сцепной массы объединением нескольких секций, высокая экономичность (КПД электрического локомотива составляет 0,86–0,88), незначительная зависимость от климатических условий и свойств транспортируемого груза.

Электровозы могут быть аккумуляторными и контактными. На карьерах, как правило, используют контактные электровозы постоянного и переменного тока. Электровозы постоянного тока питаются от контактной сети постоянного тока напряжением 1,5 или 3,0 кВ, а электровозы переменного тока – от сети переменного тока напряжением 10,0 кВ.

Контактная сеть характеризуется большими потерями энергии, кроме того, наличие контактной сети на экскаваторных уступах и отвалах затрудняет производство буровзрывных и экскавационных работ, во время которых возникает опасность соприкосновения с контактной сетью ковша экскаватора, повреждения ее в момент взрыва или загрузки вагонов. Некоторые операции по обслуживанию контактной сети связаны с большими затратами ручного труда.

На карьерах нашей страны все большее распространение получают тяговые агрегаты, представляющие собой комбинацию из электровоза, дизель-генераторной секции и моторного вагона. При движении такого агрегата по постоянным путям он питается электроэнергией от контактной сети, а при движении по экскаваторному уступу питание тяговых двигателей осуществляется от дизель-генератора.

Электровоз (тяговый агрегат) (рис. 30) 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, пускорегулирующей аппаратуры, токоприемников, аппаратуры защиты и вспомогательных машин. В пневматическую часть входит тормозное и пневматическое оборудование.



Рисунок 30 – Электровоз ОПЭ-1

Тяговый агрегат переменного тока ОПЭ-1 состоит из электровоза управления, секции автономного питания и моторного думпкара. 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.

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

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

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 компрессоров, включение и выключение которых происходит автоматически в зависимости от давления воздуха в магистрали. 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 производятся торможение и зарядка тормозной магистрали, откуда сжатый воздух подается во все воздухораспределители и запасные резервуары вагонов.

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.

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 контакты, реверсор, реле и электроизмерительные 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) (рис. 31) представляют собой шарнирную рамную конструкцию. При движении электровоза подвижная часть пантографа под действием пружин всегда прижата к контактному проводу.



Рисунок 31 – Центральный токоприемник (пантограф)

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.

Контактная сеть в карьерах подразделяется на стационарную (на стационарных участках пути) и передвижную (на передвижных участках, забойных или отвальных). Основными элементами контактной сети являются опоры и медный контактный провод.

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

Типажный ряд железнодорожных вагонов представлен большим количеством разнообразных по конструкциям и основным параметрам транспортных сосудов. Основное распространение в карьерах получили полувагоны, т. е. открытые вагоны, благодаря удобству погрузки и разгрузки в условиях открытых разработок.

Универсальные полувагоны (гондолы) (рис. 32) применяют для транспортирования легких мелкокусковых полезных ископаемых по внешней сети к потребителю и на обогатительную фабрику. Кузов такого вагона имеет вертикальные стенки и горизонтальный пол.

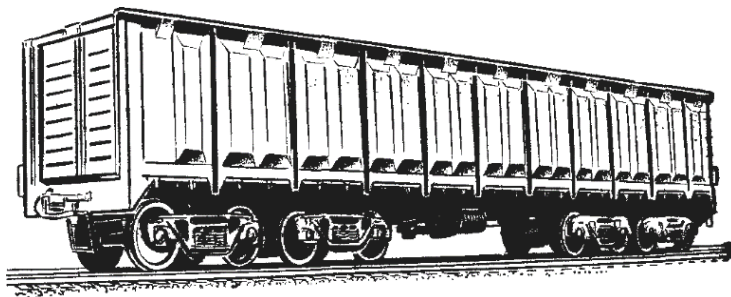


Рисунок 32 – Универсальный полувагон (гондола)

Разгрузка может осуществляться при открывании запирающих механизмов крышек люков, расположенных в горизонтальном полу и образующих в положении разгрузки две наклонные плоскости, по которым груз под действием собственного веса ссыпается по обе стороны от пути (саморазгружающийся универсальный полувагон). Открывание и, главным образом, закрывание разгрузочных люков представляет собой трудоемкую, в большей степени ручную операцию.

Универсальные полувагоны имеют относительно простую конструкцию, небольшой технический коэффициент тары (0,35–0,37).

Вагоны-самосвалы (думпкары) (рис. 33) – это вагоны, разгружаемые наклоном кузова в сторону при одновременном опускании или поднятии борта, а также комбинации этих двух движений. Наклон кузова производится пневматическими цилиндрами, а открывание бортов – рычажным механизмом.



Рисунок 33 – Вагон-самосвал (думпкар)

Думпкары используются для транспортирования вскрышных пород, а на рудных карьерах – и полезного ископаемого. У нас в стране основное распространение получили думпкары с двусторонней разгрузкой и откидывающимся бортом. Раму и кузов думпкаров выполняют массивными и с большой прочностью, поэтому коэффициент тары их достаточно высок (0,4–0,5).

Кузов думпкара состоит из верхней рамы (рамы кузова) с настилом пола, двух лобовых стенок и двух продольных бортов. Под настилом пола помещается амортизационная прокладка (например, из деревянных брусьев) для возможности погрузки крупных глыб. Наклон кузова производится пневматическими цилиндрами, закрепленными на кронштейнах нижней рамы вагона. Штоки цилиндров шарнирно соединены с рамой кузова (верхней рамой).

Рама вагона (нижняя рама) опирается на ходовые тележки. При наклоне кузова борт (шарнирно соединенный с верхней рамой) при помощи рычажных механизмов (смонтированных в лобовых стенках кузова) откидывается и составляет продолжение пола кузова. Разгрузка думпкара представлена на рис. 34.

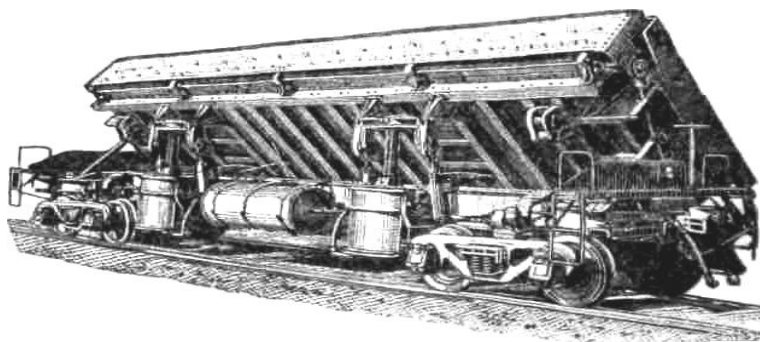


Рисунок 34 – Разгрузка думпкара

Для обеспечения устойчивости думпкара открывание борта несколько опережает наклон кузова. В транспортное положение кузов возвращается под действием собственного веса или принудительно цилиндрами двойного действия.

Хоппер – полувагон с кузовом в форме бункера с наклонными торцовыми стенками, по которым груз ссыпается через разгрузочные люки (рис. 35). На открытых разработках хопперы используют для транспортирования угля и в качестве дозаторов балласта для путевых работ.



Рисунок 35 – Вагон-хоппер

Платформы (рис. 36) 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.

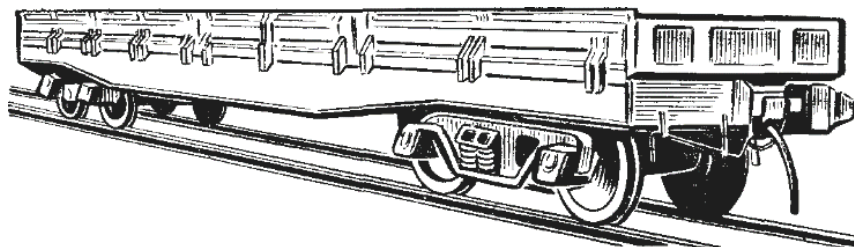


Рисунок 36 – Платформа

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.

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 (рис. 37) является объединенным ударно-тяговым прибором; выполняется в виде стального литого корпуса, головка которого имеет большой и малый зуб, образующие зев. Внутри зева расположен замок.

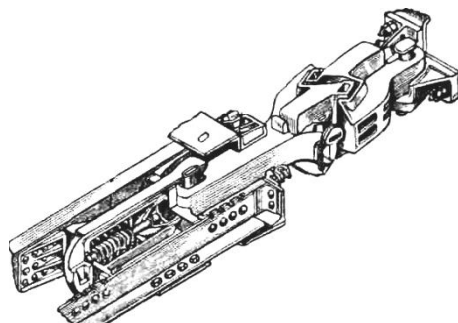


Рисунок 37 – Автосцепка

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 зевках, замки освобождаются и, возвращаясь в исходное положение, запирают автосцепки, т. к. заполняют пространство между малыми зубьями и препятствуют их обратному выходу.

Для расцепления служит расцепной рычаг, после поворота которого замок одной из автосцепок убирается внутрь. Для передачи ударно-тяговых усилий служит ударное устройство с пружинным поглощающим аппаратом.

Система сигнализации, централизации и блокировки

Средства железнодорожной связи, сигнализации и автоматизации предназначены для обеспечения четкой и безопасной организации движения поездов, повышения пропускной способности железнодорожных линий, от которой зависит производительность. Под пропускной способностью понимается наибольшее число поездов, пропущенных по ограничивающему перегону в единицу времени.

Ограничивающим называется перегон, требующий наибольшего времени пропуска поезда вследствие наиболее тяжелого профиля пути, плана или имеющий наибольшую длину. В большинстве случаев ограничивающим перегонном являются пути в капитальной траншее.

Пропускная способность ограничивающего перегона зависит от количества путей на перегоне, времени занятия перегона и способа связи между отдельными пунктами. Повышение пропускной способности перегона возможно уменьшением его длины, увеличением скорости движения в грузовом и порожнем направлении, а также сокращением времени на связь между обменными пунктами.

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

Телефонный способ заключается в следующем. Дежурный по станции связывается с отдельными постами и разъездами, получает сведения о местонахождении поездов и дает распоряжения об их пропуске, приеме или отправлении. На основании телефонного согласования между отдельными пунктами машинисту локомотива выдается письменное разрешение на занятие перегона. Телефонный способ связи находит применение при небольшой интенсивности движения, в частности, для приема и отправления поездов с уступных и отвалных путей. Этот способ наименее совершенен и требует на согласование 0,75–1,0 мин.

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

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

Автоблокировкой называется система регулирования движения поездов на однопутных и двухпутных линиях, при которой открывание и закрывание светофоров производится автоматически

в зависимости от местонахождения движущегося поезда. При автоблокировке время на связь сокращается до 0,1 мин на однопутных линиях и практически равно нулю на двухпутных.

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

Помимо этого, каждый локомотив имеет радиосвязь с центральным пунктом транспортного диспетчера, дежурным раздельных пунктов. Для радиосвязи используют радиостанции, позволяющие иметь надежную связь в радиусе 10 км.

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 раздельный пункт;
- выходных, запрещающих или разрешающих отправление поезда на перегон;
- проходных, запрещающих или разрешающих поезду следовать с одного блок-участка на другой.

Входные сигналы устанавливают на расстоянии не менее 50 м от первого входного стрелочного перевода, считая от острия противощерстного или предельного столбика пошерстного стрелочного перевода. Выходные сигналы устанавливают отдельно у каждого отправочного пути станции или разъезда впереди места, где останавливается локомотив. Проходные сигналы устанавливаются 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 уста-

навливают 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 станции (разъезда, поста) на прием этого поезда.

На карьерах применяются двух- и трехзначная система сигнализации. Двухзначная система автоблокировки с применением красного и зеленого огня обеспечивает большую частоту движения поездов, т. е. большую производительность железнодорожного транспорта. При трехзначной системе автоматизации интервал между движущимися поездами равен двум или трем блок-участкам, т. е. машинист, проезжая зеленый сигнал, видит впереди желтый или зеленый сигнал. Схема систем сигнализации представлена на рис. 38.

Централизация стрелок и сигналов бывает механической и электрической.

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

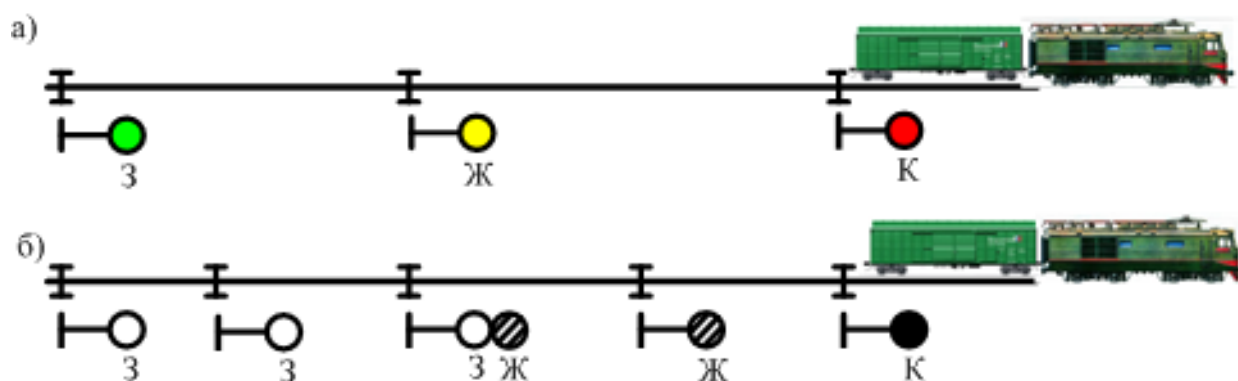


Рисунок 38 – Схема системы сигнализации

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

На станции с электрической централизацией устанавливают аппаратуру и источники питания. В релейной централизации с индивидуальным управлением стрелками применяют централизованные аппараты в виде пульта-табло (рис. 39), т. е. в виде схематического плана путей станции в однопунктном изображении. Непосредственно на табло размещаются стрелочные рукоятки и кнопки управления сигналами. Пути станции выполняются в виде желобов с размещением в каждом из них красной и белой лампочек. Лампочки загораются при установке маршрута (белые лампочки) и при занятости пути (красные лампочки), образуя светящуюся полосу. Направление горящей полосы зависит от положения стрелок и точно отображает конфигурацию установленного маршрута (маршрутом называют путь следования поезда в пределах станции при определенном положении стрелок и открытом положении сигнала).

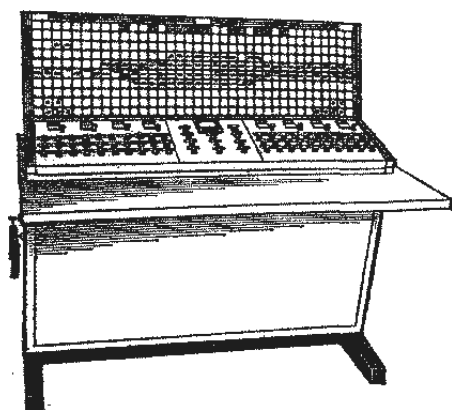


Рисунок 39 – Пульт-табло управления

Для безопасности движения между стрелками и сигналами, входящими в каждый маршрут, а также между различными маршрутами предусматривается блокировка, исключающая приготовление враждебных маршрутов, проходя по которым одновременно поезда могут столкнуться. Управление стрелками с локомотива становится целесообразным в случае обслуживания одиночных стрелок на рабочих горизонтах в карьерах или на отвалах. Стрелка, оборудованная электроприводом, управляется с помощью датчиков электромеханического типа.

Эксплуатационный расчет железнодорожного карьерного транспорта

Цель эксплуатационного расчета – определение рабочего и инвентарного парков локомотивов и вагонов.

Эксплуатационный расчет предусматривает:

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

После выполнения эксплуатационного расчета производится построение графика движения поездов.

Производительность железнодорожного транспорта зависит от емкости состава и скорости движения поезда. Вместимость состава, в свою очередь, зависит от сцепного веса локомотива и сложности трассы, выражающейся в сопротивлении движению, и состояния пути.

Техническая производительность локомотивосостава (т/ч):

$$Q_T = G \cdot n \cdot N_{p.ч}, \quad (3.1)$$

где G – грузоподъемность вагона, т;

n – число вагонов в поезде;

$N_{p.ч}$ – число рейсов в час.

Количество рейсов в час зависит от продолжительности рейса (ч):

$$t_p = (t_{гр} + t_{пор}) + t_{п} + t_o + t_r, \quad (3.2)$$

где $t_{гр}$ – время движения груженого поезда, ч;

$t_{\text{пор}}$ – время движения порожнего поезда, ч;

$t_{\text{п}}$ – время погрузки локомотивосостава, ч;

$t_{\text{о}}$ – продолжительность обмена поездов у экскаватора, ч;

$t_{\text{р}}$ – время разгрузки поезда, ч.

Сменная эксплуатационная производительность локомотивосостава (т/смену) учитывает длительность смены T и коэффициент использования сменного времени $k_{\text{и}}$:

$$Q_{\text{см}} = Q_{\text{т}} \cdot T \cdot k_{\text{и}}. \quad (3.3)$$

По нормам технологического проектирования горнорудных предприятий с открытым способом разработки коэффициент использования железнодорожного транспорта в течение смены принимается $k_{\text{и}} = 0,9$.

Годовая эксплуатационная производительность локомотивосоставов (т/год) определяется исходя из сменной производительности и числа рабочих смен в год:

$$Q_{\text{год}} = Q_{\text{см}} \cdot n \cdot N_{\text{год}}, \quad (3.4)$$

где n – число смен в сутки; $N_{\text{год}}$ – число рабочих дней в году.

Необходимое для работы число локомотивосоставов:

$$N_{\text{с}} = k_{\text{р}} \cdot \frac{N_{\text{р}}}{N'_{\text{р}}}, \quad (3.5)$$

где $k_{\text{р}}$ – коэффициент резерва локомотивов;

$N_{\text{р}}$ – сменное число рейсов всех локомотивосоставов, рейсов/смену;

$N'_{\text{р}}$ – сменное число рейсов одного локомотивосостава, рейсов/смену.

Сменное число рейсов всех локомотивосоставов (рейсов/смену):

$$N_{\text{р}} = k_{\text{н.р}} \cdot \frac{W}{G_{\text{н}}}, \quad (3.6)$$

где $k_{\text{н.р}}$ – коэффициент неравномерности работы железнодорожного транспорта в течении смены;

W – сменный грузооборот карьера, т/смену.

Необходимое число вагонов:

$$N_{\text{в}} = \frac{k'_p \cdot W}{N_c \cdot G}, \quad (3.7)$$

где k'_p – коэффициент резерва вагонов.

Контрольные вопросы

1. Основные преимущества железнодорожного карьерного транспорта. Область его рационального использования.
2. Основные особенности, преимущества и недостатки конструктивных схем полувагонов, вагонов-хопперов, вагонов-думпкаров.
3. Характеристика контактных, контактно-дизельных локомотивов, тепловозов.
4. Средства, входящие в систему сигнализации, централизации и блокировки.
5. Факторы, влияющие на производительность локомотивосоставов.

Тема 4. Конвейерный карьерный транспорт

Технология работы конвейерного карьерного транспорта

В настоящее время конвейерный транспорт имеет на карьерах значительно меньшее применение по сравнению как с железнодорожным, так и с автомобильным транспортом, но при этом число новых и проектируемых конвейерных линий непрерывно растет.

Конвейерный транспорт *отличают* непрерывность действия; возможность достижения высокой, практически неограниченной производительности, не зависящей от длины установки; высокая степень автоматизации, незначительный штат обслуживающего персонала; большой угол наклона установки (до 18–20°, при специальных конструкциях – до 35–40°). Практика показала, что конвейерный транспорт более безопасен, чем железнодорожный и автомобильный.

Вместе с тем конвейерному транспорту присущи некоторые *особенности, ограничивающие область его применения*. В большой степени эти ограничения вызваны свойствами перемещаемых горных пород. При транспортировании скальных крупнокусковых (более 300–400 мм) и абразивных грузов на типовых ленточных конвейерах сокращаются сроки службы ленты и поддерживающих роликов, подвергающихся износу и ударным нагрузкам (при кусках, превышающих 800 мм, транспортирование вообще невозможно; эксплуатационные трудности возникают также при перемещении влажных, налипающих пород, т. е. глины, мела и т. д.). В суровых климатических условиях необходимы специальные меры для обеспечения работы конвейерных установок. В противном случае надежна лишь их сезонная работа.

На карьерах для транспортирования мягких, дробленых, скальных и полускальных горных пород получили распространение ленточные конвейеры. Принцип их работы заключается в перемещении горной породы на конвейерной ленте, которая приводится в движение тяговым устройством. Лента при своем движении опирается на роликовые опоры, которые, в свою очередь, закреплены на раме конвейера. Для транспортирования мягких горных пород применяются конвейеры с жесткими неподвижными роликоопорами, для скальных и полускальных пород – роликоопоры на гибких подвесках или опирающиеся на специальные тележки.

Для уменьшения нагрузки на конвейерную ленту применяют дополнительные тяговые органы в виде канатов (канатно-ленточный конвейер), цепей и тележек (колесно-ленточный конвейер – рис. 40). В этом случае лента служит только как емкость для размещения горной массы.

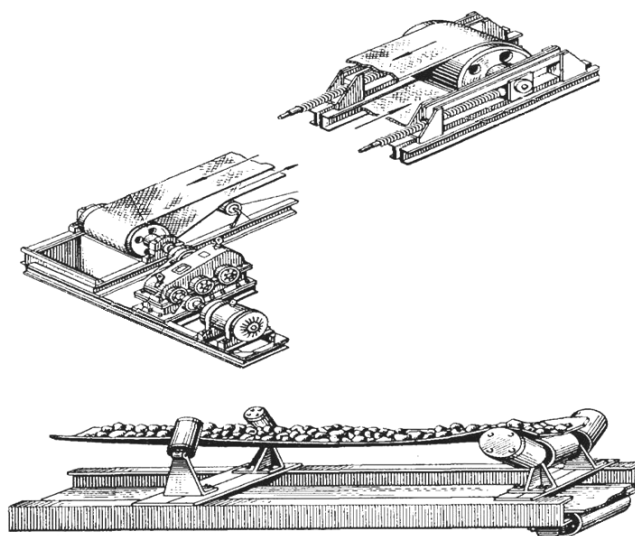


Рисунок 40 – Ленточный конвейер

Конвейер состоит из отдельных секций (ставов) с приводом и натяжным устройством. Длина конвейерного става зависит от прочности ленты и конструктивных особенностей конвейера. Перегрузка горной массы с одного става на другой предусматривается через консоль одного става в бункер другого.

Кроме того, ленточные конвейеры оборудуют вспомогательными приспособлениями, к которым относятся очистные и загрузочные устройства. Все конвейеры имеют аппаратуру управления приводом, а наклонные снабжены устройствами, улавливающими ленту при обрыве (ловителями).

По назначению и месторасположению в карьере конвейерный транспорт разделяется на забойный, сборочный, подъемный, магистральный и отвальный.

Схема работ в забое экскаватора при конвейерном транспорте представлена на рис. 41.

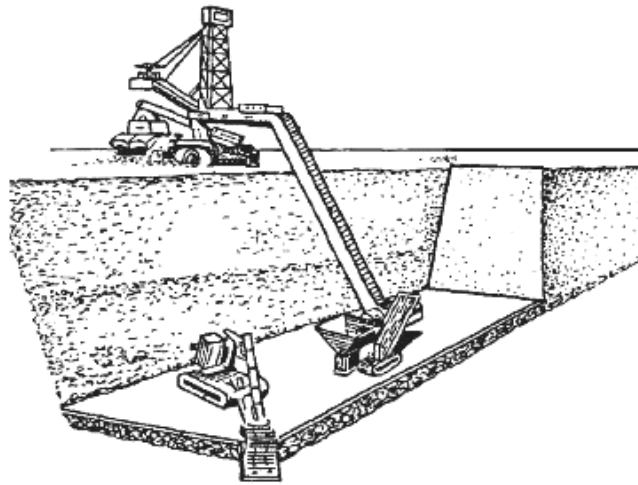


Рисунок 41 – Ведение работ в забое экскаватора при конвейерном транспорте

Забойные конвейеры располагают на рабочей площадке уступа. Они предназначены для транспортирования горной массы от экскаватора до сборочного конвейера. Вследствие того, что фронт работ в карьере постепенно подвигается, конструкции забойных секций конвейеров предусматривают параллельное их перемещение с помощью специальной техники (турнодозеров) или самостоятельно с помощью гусеничного или шагающего хода.

Сборочные (передаточные) конвейеры располагают в торцевых частях карьера. Они предназначены для транспортирования горной породы от одного или нескольких забойных конвейеров к подъемнику. Сборочные конвейеры перемещают, как правило, вслед за забойными конвейерами параллельно их оси, поэтому их передвижка предусматривается или по рельсовому пути, или на гусеничном ходу.

Подъемные конвейеры располагают в нерабочей или временно нерабочей зоне карьера (в траншеях или подземных наклонных выработках). Они предназначены для доставки горной массы из рабочей зоны карьера на поверхность. Подъемный конвейер принимает горную массу от сборочного конвейера при обычной конструкции под углом до 18° , а при специальной – до 50° и транспортирует ее по борту карьера на поверхность. Подъемный конвейер имеет более мощный привод. Эффективность и безопасность транспортирования скальной горной массы под углом более 14° и мягких горных пород

под углом более 18° обеспечиваются рифлением поверхности ленты, использованием прижимной ленты или цепной сетки, которые препятствуют скатыванию породы при движении ее под наклоном.

Магистральные конвейеры располагают на поверхности карьера, они предназначены для транспортирования пород вскрыши к отвалам, а полезного ископаемого – на обогатительную фабрику или к складам и имеют стационарную конструкцию.

Отвальные конвейеры располагают на отвалах. По характеру своей работы они аналогичны забойным конвейерам, т. е. они должны перемещаться вслед за отвальным фронтом. Конструкции конвейеров предусматривают работу их в комплексе, куда входят перегружатели и отвалообразователи.

Перегружатель (рис. 42) выполняет функцию передаточного органа от экскаватора до забойного конвейера или от забойного конвейера к сборочному с одного горизонта на другой, поэтому он конструктивно выполнен как самоходное устройство на гусеничном или шагающем ходу с приемным устройством и консольным расположением перегрузочного конвейера, который может принимать любой угол наклона до 18° . В горизонтальной плоскости приемное устройство и перегрузочная консоль могут разворачиваться на 60° .

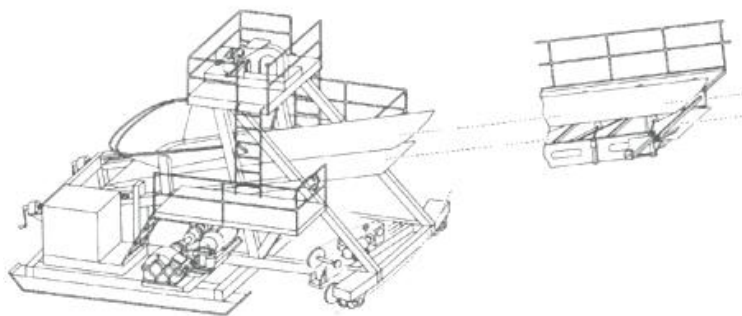


Рисунок 42 – Перегружатель

В конвейерный комплекс для транспортирования крепких горных пород от забоя входит самоходный приемный бункер с грохотильной или дробильной установкой для приема горной массы от выемочно-погрузочной машины в забое и подготовки ее к транспортированию ленточными конвейерами простым отсевом негабаритных кусков или дополнительным ее дроблением до кондиционного состава по крупности (рис. 43).

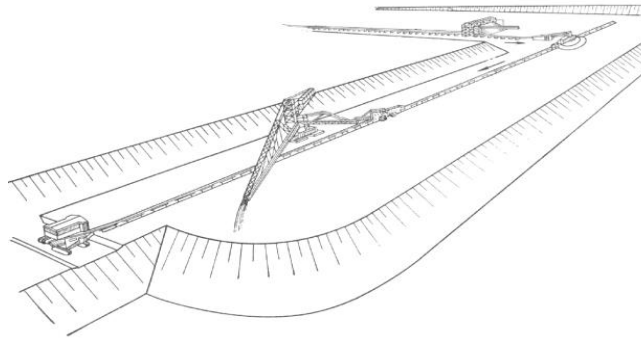


Рисунок 43 – Конвейерное отвалообразование

Технологические схемы конвейерного транспорта зависят от горно-геологических условий.

При разработке горизонтальных пластообразных месторождений с мягкими покрывающими породами при параллельном продвижении фронта работ с внутренним отвалообразованием вскрыша от экскаваторов забойными конвейерами подается на сборочный конвейер, который транспортирует ее непосредственно до отвальных конвейеров. Укладка породы во внутренний отвал производится отвалообразователем.

Для уменьшения передвижений забойных конвейеров используют перегружатели между экскаваторами и забойными конвейерами. В этом случае при одном положении забойного конвейера экскаватор может отработать несколько заходов без остановки для передвижения забойного конвейера.

При разработке подобных месторождений с внешним отвалообразованием порода со сборочного конвейера подается на конвейерный подъемник, расположенный во внутренней или внешней траншее, а далее магистральным конвейером доставляется до отвала.

Схема конвейерного транспорта полезного ископаемого аналогична схеме транспорта с внешним отвалообразованием. Конвейерный подъемник полезного ископаемого может располагаться вместе с породным или в специальной траншее. Магистральным конвейером полезное ископаемое доставляется на обогатительную фабрику, к бункерам погрузочных станций железной дороги или непосредственно потребителю.

При разработке некрепких рыхлых пород экскаваторами циклического действия необходимо иметь промежуточное звено между

экскаватором и конвейером для создания непрерывного потока горной массы. Таким звеном служит установка, состоящая из бункера, загружаемого ковшем экскаватора и сглаживающего неравномерность его работы, и питателя, создающего непрерывный поток груза перед подачей на конвейер. В такие схемы иногда включают грохот для отбора возможного негабарита. Бункер-питатель перемещается по мере передвижения экскаватора.

При погрузке на конвейер скальных и полускальных пород и руд экскаваторами циклического действия, в ковшах которых могут находиться крупные куски горной массы, требующие дробления перед подачей на конвейер, в схему бункер – питатель входит дробилка. Полученный агрегат называют самоходным или передвижным (в зависимости от способа перемещения) дробильным агрегатом.

Перемещение забойных и отвальных конвейерных линий осуществляется турнодозером. Он представляет собой бульдозер, оборудованный роликовым механизмом, который зажимает закрепленный на шпалах под конвейерным ставом рельс и перемещает его во время продольного хода бульдозера на 0,5–2,0 м. Передвижение конвейерной линии осуществляется без разборки, но при снятии натяжения ленты. Турнодозером осуществляется также предварительное планирование поверхности трассы перед передвижкой конвейера и всех питающих электрокоммуникаций.

Управление конвейерной линией и контроль за ней автоматически осуществляются с пульта оператора. Автоматизацией предусмотрено центрирование хода ленты, контроль за налипанием породы на ленту и состоянием перегрузочных бункеров, отключение в случае аварийной ситуации конвейерной линии, последовательный пуск (в обратном направлении движению горной массы) конвейерных ставов.

Автоматизация управления конвейерными линиями обеспечивает высокую производительность труда и повышение надежности работы всех элементов.

Оборудование конвейерного карьерного транспорта

В ленточном конвейере *лента* является одновременно грузонесущим и тяговым органом, и поэтому к ней предъявляют повы-

шенные зачастую противоречивые требования (достаточная прочность, жесткость, необходимая гибкость).

В наибольшей степени этим требованиям соответствуют выпускаемые в настоящее время конвейерные ленты с тканевой основой из синтетических волокон и ленты с основой из стальных тросов (рис. 44).

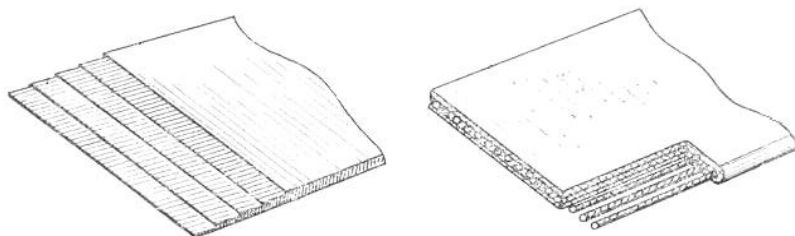


Рисунок 44 – Конструкция конвейерных лент

Конвейерные ленты с тканевой основой, которые для простоты называют тканевыми конвейерными лентами, состоят из каркаса, воспринимающего основные нагрузки на ленту, и обкладок, защищающих каркас от механических повреждений. На карьерах наибольшее распространение получили конвейерные ленты с резиновыми обкладками, обладающими наилучшими эксплуатационными свойствами.

Каркас представляет собой многослойную конструкцию, состоящую из нескольких слоев тканевых прокладок, связанных между собой тонкими резиновыми прослойками (сквиджами). Преимущественное распространение для тканевых прокладок получили синтетические волокна типа капрон, лавсан, анид. Для конвейеров небольшой длины используют также тканевые прокладки из хлопковых нитей. В последнее время производят ленты с комбинированными тканевыми прокладками, у которых продольные основные наиболее прочные нити делаются из капрона или анида, а поперечные (уточные) – из хлопка или лавсана. Толщина верхней обкладки, на которой лежит груз, больше, чем нижней.

На мощных конвейерах, особенно на магистральных, используют резинотросовые конвейерные ленты, каркас которых состоит из одного слоя стальных тросов. Резиновые обкладки служат для защиты тросов от повреждений и коррозии. Для лучшей защиты

тросовой основы в верхнюю и нижнюю обкладки иногда укладывают по одной тканевой прокладке. Резинотросовые ленты отличаются высокой прочностью, малым относительным удлинением при растягивающих нагрузках и в 2,0–2,5 раза большим, чем у тканевых лент, сроком службы, но в то же время большим погонным весом и сложностью соединения концов.

Роликовый став ленточного конвейера предназначен для поддержания грузовой и порожняковой ветвей конвейерной ленты и для направления ее движения. Основным элементом роликового става – ролики, изготавливаемые со сквозной осью и с полуосями. Наиболее распространены ролики со сквозной осью. Они состоят из оси, корпуса – стальной трубы, шариковых подшипников и лабиринтных уплотнений. Для защиты подшипников от проникновения в них пыли, грязи и влаги, удержания смазки от вытекания кроме лабиринтных уплотнений применяют уплотнения в виде скользящих контактных колец или их комбинаций.

В местах загрузки конвейера применяют ролики с резиновыми шайбами или с пневмокатками, которые смягчают удары на ленту при падении крупных кусков груза. Ролики порожняковой ветви также снабжают резиновыми дисками, способствующими лучшей направленности движения ленты и ее очистке от налипшего груза.

Ролики собирают в роликоопоры. Для поддержания рабочей ветви применяют двух-, трех-, четырех- и пятироликовые опоры; для порожняковой ветви применяют одно-, двух-, редко трехроликовые. По конструкции различают жесткие и гибкие роликоопоры.

Кроме обычных или, как их еще называют, линейных роликоопор применяют центрирующие роликоопоры, служащие для предотвращения бокового схода конвейерной ленты. Принцип действия таких роликоопор заключается в том, что при смещении ленты в сторону возникает сила, восстанавливающая нормальное движение конвейерной ленты.

Секции стационарных конвейеров жестко соединяют между собой при помощи болтов и устанавливают на шпалы или легкие фундаменты. Секции передвижных конвейеров соединяют при помощи простейших шарнирных сцепок, позволяющих передвигать конвейер без разборки на секции.

Приводные устройства предназначены для передачи тягового усилия от приводного барабана к конвейерной ленте.

Приводные устройства включают в себя один, два, иногда три приводных барабана и несколько отклоняющих, создающих определенную схему обводки лентой приводных барабанов, редукторов и электродвигателей.

Главный элемент приводного устройства – приводной барабан, состоящий из обечайки, дисков, ступицы и вала. Поверхность обечайки футеруют для лучшего сцепления с конвейерной лентой высокофрикционным эластичным материалом, обычно резиной. Иногда поверхность футеровки выполняют ребристой, что улучшает сцепление барабана с лентой и, кроме того, способствует удалению из контакта ленты с футеровкой частиц попавшего груза.

Приводной барабан устанавливают в подшипниках, а его вал соединяют при помощи муфты с тихоходным валом редуктора. Быстроходный вал редуктора соединяют с электродвигателем через эластичную муфту, которая защищает электродвигатель от пиковых перегрузок в период пуска.

Это оборудование при стационарной установке конвейера монтируют на фундаменте. Для передвижных конвейеров все элементы приводных устройств устанавливают на общей раме, платформе или сварном понтоне. Мощные передвижные станции оборудуют рельсовым, гусеничным или шагающим ходом с приводом или без него.

Приводные устройства оборудуют также колодочными или ленточными тормозами, установленными на муфте, соединяющей электродвигатель с редуктором. На наклонных стационарных конвейерах вал барабана снабжают останком, препятствующим обратному движению ленты при остановке загруженного конвейера.

Натяжные устройства служат для предварительного натяжения конвейерной ленты с целью обеспечения допустимого ее провиса между роlikоопорами. Кроме того, посредством натяжных устройств компенсируют остаточную вытяжку ленты в процессе эксплуатации.

Различают жесткие и податливые натяжные устройства; в отдельную группу выделены автоматические натяжные устройства. Основным элементом любого натяжного устройства – натяжной барабан, перемещающийся на каретке по направляющим.

Автоматические натяжные устройства предназначены для поддержания заданного натяжения ленты при различных режимах работы конвейера. Различают следующие режимы работы конвейера: установившийся, при котором конвейер в течение продолжительного времени работает с постоянной скоростью; пуск конвейера, включающий трогание ленты с места и разгон до установившейся скорости; режим торможения. Последние два режима называют неустановившимися.

При пуске привод конвейера должен развивать повышенное тяговое усилие, т. к. в этот период помимо статических нагрузок на ленту действуют силы инерции, поэтому лента при пуске конвейера должна быть натянута сильнее, чем при установившемся движении.

Разработано много схем автоматических натяжных устройств, однако опыт их эксплуатации показал, что они не обладают высокой эффективностью из-за недостаточно быстрой реакции на изменение натяжения ленты. Поэтому автоматические натяжные устройства не получили широкого распространения на выпускаемых конвейерах.

Очистные устройства предназначены для удаления с конвейерной ленты остатков налипшего груза после разгрузки.

В настоящее время разработаны различные конструкции очистных устройств. Наиболее распространены очистные устройства в виде простых скребков из резины, мягкого металла и пластмассы. Скребки при помощи рычажной системы контргрузом или пружиной прижимаются к ленте. Опыт показывает, что при использовании таких очистных устройств можно удовлетворительно очистить ленту при транспортировании сухих и слабоабразивных грузов, например угля, сухого известняка и т. д. Однако применение таких устройств сопровождается изнашиванием конвейерных лент, появлением задиров на стыках. При транспортировании липких и абразивных грузов применение таких очистных устройств не дает положительных результатов.

Помимо указанных механических очистных устройств применяют гидравлические устройства, основанные на смыве сильной струей воды налипшего на ленту груза. Эти устройства весьма эффективны, но применимы лишь при наличии воды и средств ее отвода после очистки ленты.

Пневматическая очистка ленты струей сжатого воздуха эффективна при транспортировании сухих грузов, но сильное пылеобразование и большой расход воздуха привели к тому, что этот способ очистки также применяют крайне редко.

Опыт показывает, что ни одно из существующих очистных устройств не обеспечивает качественной очистки ленты, поэтому в настоящее время получают распространение комбинированные очистные устройства, в которых одновременно используются несколько принципов. Например, вначале осуществляют грубую очистку материала скребком, затем струей воды, затем щеткой и на заключительном этапе сушат конвейерную ленту нагретым воздухом.

Производительность конвейерного карьерного транспорта

Цель расчета собственно ленточного конвейера – выбор его типа для заданных условий транспортирования материала, установление прочностных характеристик конвейерной ленты.

Исходными данными для расчета производительности являются: годовая производительность карьера; параметры, характеризующие режим работы предприятия; расстояние транспортирования груза; физико-механические свойства транспортируемых грузов; условия работы конвейера.

Техническая производительность конвейерного транспорта определяется конструкцией конвейера и свойствами транспортируемой горной массы. Она указывается в технической характеристике и зависит от ширины ленты, угла наклона боковых роликов, скорости движения ленты и свойств транспортируемых горных пород (т/ч):

$$Q_t = B^2 \cdot V \cdot \rho \cdot k, \quad (4.1)$$

где B – ширина ленты, м;

V – скорость движения ленты, м/ч;

ρ – плотность насыпного груза, т/м³;

k – коэффициент, зависящий от угла наклона боковых роликов.

Сменная *эксплуатационная производительность* конвейерного транспорта (т/смену) учитывает длительность смены T и коэффициент использования сменного времени $k_{и}$:

$$Q_{\text{см}} = Q_t \cdot T \cdot k_{\text{и}}. \quad (4.2)$$

Коэффициент использования конвейерного транспорта в течение смены $0,8 \div 0,9$. Он учитывает простои или холостой ход во время передвижения экскаватора в забое, остановки во время осмотра и обслуживания конвейерной системы и простои при перемещении отвалообразователя.

Суточная производительность зависит от режима работы конвейера в течение суток.

Месячная и годовая эксплуатационная производительность учитывает продолжительность простоя конвейерного транспорта во время передвижки забойных отвальных и сборочных конвейеров и время текущих ремонтов:

$$Q_{\text{год}} = Q_{\text{см}} \cdot n \cdot N_{\text{год}}, \quad (4.3)$$

где n – число смен в сутки;

$N_{\text{год}}$ – число рабочих дней в году.

Для бесперебойной работы и исключения перегрузок производительность ленточных конвейеров необходимо согласовывать с производительностью погрузочных экскаваторов.

Забойные ленточные конвейеры принято рассчитывать на производительность, на 10–15 % большую технической производительности экскаватора. При определении производительности сборочных конвейеров следует принимать во внимание одновременность работы линий забойных конвейеров.

Контрольные вопросы

1. Основные преимущества конвейерного транспорта. Область его рационального использования.
2. Отличия скиповых подъемников от ленточных конвейеров.
3. Главные (основные) параметры ленточного конвейера.
4. Оборудование конвейерного транспорта и его назначение.
5. Методика расчета привода конвейера.

Тема 5. Трубопроводный (гидравлический) карьерный транспорт

Технология работы трубопроводного карьерного транспорта

Трубопроводный транспорт является транспортом непрерывного действия. На карьерах он представлен гидравлическим транспортом. Гидравлический транспорт горных пород на карьере, как и конвейерный, позволяет объединить в непрерывный поток выемку, доставку и отвалообразование, создавая автоматический гидравлический комплекс.

На горных предприятиях гидротранспорт применяют для перемещения вскрышных пород в отвалы и для транспортирования полезного ископаемого к потребителю. В последнем случае гидротранспортные установки достигают значительной длины (до нескольких сотен километров). При перемещении вскрышных пород гидротранспорт хорошо сочетается с гидромеханизированной разработкой пород, хотя может применяться и при экскаваторной выемке горной массы.

Принцип работы гидравлического транспорта – это перемещение смеси мягких или дробленых полуреальных горных пород по трубам в воде с критической скоростью, создаваемой работой землесоса (грунтососа).

Смесь воды с породой называется *пульпой*. Под *критической скоростью* понимают скорость потока, при которой частицы данного гранулометрического состава и плотности перемещаются без заиливания трубопровода. Критическая скорость движения пульпы зависит от степени насыщения потока жидкости твердой породы, крупности фракций и плотности перемещаемых горных пород, диаметра трубопровода и шероховатости его внутренних стенок.

Степень насыщения потока жидкости твердой породой называется *консистенцией* и измеряется отношением твердого материала к воде. Чем больше консистенция пульпы, тем больше производительность гидравлического транспорта по породе.

Обязательными условиями использования гидротранспорта являются наличие большого количества воды и возможность получения достаточно однородной смеси воды с транспортируемым грузом как по консистенции, так и по крупности. Наиболее легко под-

даются транспортированию глинистые, легко размываемые породы – меловые и меломергельные, а также мелкозернистые горные породы. Если обычная горная масса содержит куски более 200 мм, то ее необходимо предварительно раздробить. К таким породам (легко дробимым) относят энергетические угли и некоторые другие ископаемые средней крепости. Схема ведения работ в забое при трубопроводном (гидравлическом) транспорте представлена на рис. 45.

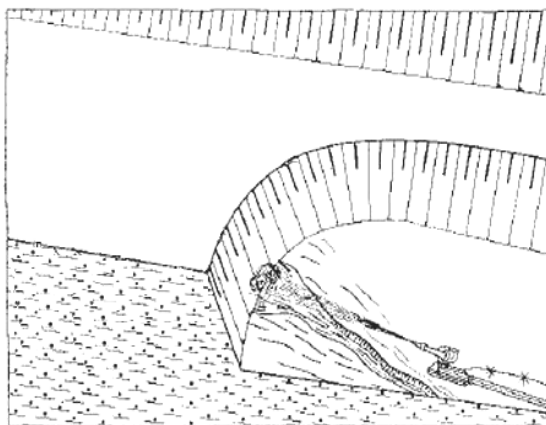


Рисунок 45 – Схема ведения работ в забое при трубопроводном (гидравлическом) транспорте

Вода к гидромонитору в забое подается по трубопроводу из водоприемника насосом. При прямоточном водоснабжении вода подается прямо из водоема, а при использовании оборотной воды – из отстойника на гидроотвале с некоторой подпиткой (из-за неизбежных потерь воды), из водоема. Размытая порода поступает самотеком в приемное устройство (зумпф), откуда при помощи землесосной установки в виде пульпы направляется под напором по пульпопроводу в гидроотвалы, где осаждаются твердые фракции и вода стекает в отстойник. Потери воды вследствие фильтрации, испарения и т. д. компенсируют посредством подачи чистой воды в водоприемник по трубопроводу насосом, установленным у источника воды.

При перемещении забоя на карьере трубы к гидромониторам и пульповоду наращивают специальным креплением или сваркой очередных секций труб. При перемещении фронта горных работ став труб разбирают (при сварочном соединении разрезают) на пле-

ти и перемещают на новую трассу бульдозерами, где вновь соединяют. Землесосные установки с силовой и пусковой аппаратурой перемещают бульдозерами как при подвигании забоев, так и фронта работ. Шаг передвижки в забое определяется эффективной длиной пути самотечного транспортирования пульпы от забоя до приемного устройства.

На показанной схеме используется обратная вода (рис. 46).

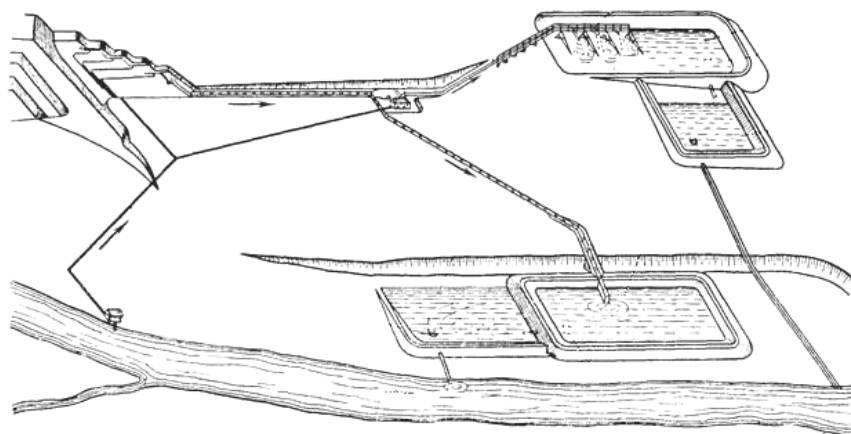


Рисунок 46 – Схема использования обратной воды

Загрузочные аппараты при транспортировании полускальных горных пород перемещают реже, т. к. от забоев до них горную массу доставляют средствами колесного транспорта (погрузчиками и автосамосвалами).

К *достоинствам* гидротранспортных установок можно отнести следующее: значительную длину транспортирования без промежуточных перегрузок; возможность проведения трубопровода по трассе сложной конфигурации, включающей горизонтальные, наклонные, вертикальные и криволинейные участки; отсутствие на трассе механических подвижных элементов, что обеспечивает высокую степень безопасности эксплуатации гидротранспортных установок; возможность совмещения транспортирования с некоторыми технологическими процессами (например, с мокрым обогащением полезного ископаемого); невысокую трудоемкость при эксплуатации.

Недостатками этих установок являются: необходимость большого количества воды, возможность транспортирования в ос-

новном легко дробимых или легко размываемых горных пород, повышенный расход электроэнергии и возможность замерзания воды при низких температурах.

Оборудование карьерного трубопроводного транспорта

Для эффективного применения гидромеханизации необходимо иметь основное и вспомогательное оборудование, которое позволяет полностью использовать преимущества поточной технологии.

В гидромеханизации используется оборудование различных конструкций и назначения: гидромониторы, насосы, грунтовые насосы (землесосы) и др. К числу ответственных сооружений в комплексе оборудования гидромеханизации относятся трубопроводы. Часто в гидромеханизации используются: экскаваторы и бульдозеры для разрыхления пород, бульдозеры, трубоукладчики и краны для передвижки оборудования, переукладки трубопроводов. Оборудование для рыхления и механизации вспомогательных работ относится к вспомогательному. В некоторых технологических процессах гидромеханизация применяется в сочетании с другими средствами механизации, например гидротранспорт пород от экскаваторов или хвостов с обогатительных фабрик.

Гидромонитор (водомет) – устройство для создания и управления полетом мощных водяных струй, используемых для разрушения и смыва горных пород. На карьерах преимущественно распространены гидромониторы несамоходные, высокого давления с ручным или дистанционным управлением. Гидромониторы с дистанционным управлением часто могут выполнять отдельные операции в автоматическом режиме. Гидромонитор представлен на рис. 47.

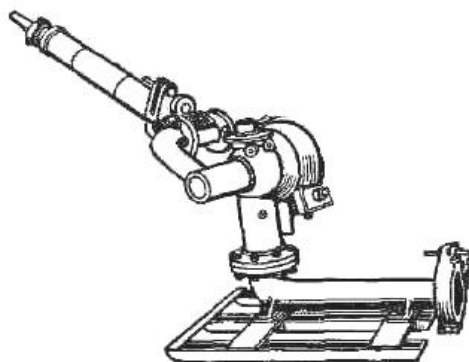


Рисунок 47 – Гидромонитор (водомет)

Основными частями гидромонитора являются нижнее и верхнее колена, ствол, насадка, шарниры поворота ствола в вертикальной и горизонтальной плоскостях и система управления. У гидромониторов с ручным управлением для этой цели используются рычаг и скоба на стволе. У гидромониторов с дистанционным управлением поворот ствола в горизонтальной и вертикальных плоскостях выполняется гидроцилиндрами. Подача команд к гидроцилиндрам осуществляется с пульта.

Гидромонитор устанавливается на санях или опорном бруске. С целью увеличения опорной площади может использоваться пэн (специальный опорный лист – поддон, имеющий загнутые вверх края). К водоводу гидромониторы крепятся с помощью фланцевого соединения.

Насосы предназначены для перекачивания жидкостей и могут иметь различное конструктивное исполнение. В практике гидромеханизации преимущественно используются центробежные насосы для чистой воды и пульпы (гидросмесей). В отдельных случаях применяются водоструйные насосы (эжекторы и гидроэлеваторы) и насосы специальных конструкций (например вакуумные).

Центробежный пульпонасос состоит из рабочего колеса с лопатками криволинейной формы, вала рабочего колеса, корпуса, нагнетательного патрубка, к которому присоединяется напорный трубопровод. С всасывающей стороны к насосу присоединяется всасывающий трубопровод. Центробежный пульпонасос представлен на рис. 48.

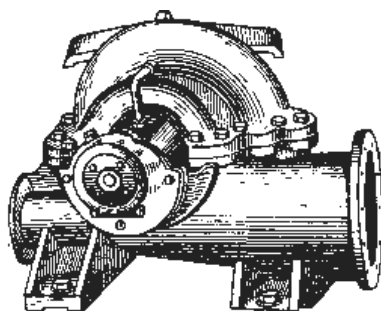


Рисунок 48 – Центробежный пульпонасос

Принцип работы центробежного насоса состоит в следующем. При перекрытом напорном трубопроводе корпус насоса и всасы-

вающий трубопровод заполняются водой, включается двигатель и вследствие вращения рабочего колеса развивается центробежная сила, которая перемещает частицы воды по лопаткам от центра к периферии и далее в улиткообразный корпус.

Наибольшее распространение получили одноступенчатые одноколесные пульпонасосы. Однако для создания больших напоров изготавливают двухступенчатые пульпонасосы, при этом два отдельных корпуса соединяют обводным патрубком, а на общем валу устанавливают два колеса, лопатки которых расположены так, что осевые реакции от колес уравниваются и подшипники освобождаются от осевых нагрузок. В зависимости от вида транспортируемого груза пульпонасосы называют углесосами, землесосами, шламовыми насосами, рудососами, грунтовыми насосами и т. д.

Пульпонасосы центробежного типа отличаются от обычных центробежных насосов малым числом лопаток в рабочем колесе и большой площадью поперечного сечения проходных каналов для пропуска кусков транспортируемого груза. Кроме того, в корпусе пульпонасоса предусмотрены съемные бронедиски, предохраняющие корпус от быстрого износа; люк с крышкой, через который можно осмотреть рабочее колесо и в случае необходимости освободить его от застрявшего груза; подача воды к корпусам подшипников для их охлаждения, а также специальное устройство, компенсирующее осевое усилие на подшипники, появляющееся при работе пульпонасоса.

Для гидротранспортных установок с искусственным напором используют *трубопроводы*, собираемые из стальных цельнотянутых или сварных труб длиной 2–6 м и диаметром 150–600 мм. Трубы соединяют между собой фланцевыми соединениями либо специальными безболтовыми быстроразъемными соединителями, состоящими из двух обойм, прокладки, разъемного хомута и клина. При транспортировании абразивных пород и руд с применением гидротранспорта используют трубы, внутренняя поверхность которых упрочнена посредством термообработки или армировки литым базальтом либо листовой резиной.

Для перекрытия трубопровода используют *задвижки* или вентили, необходимые при пуске гидротранспортной установки, остановке и регулировании ее производительности. Наибольшее рас-

пространение получили клиновые задвижки с ручным механическим или электромеханическим приводом. При больших диаметрах трубопроводов используют задвижки с электромеханическим приводом. Такие задвижки необходимы также при дистанционном и автоматическом управлении гидротранспортными установками. Привод осуществляется от электродвигателя через червячный редуктор, который вращает шестерню с гайкой, перемещающей винт, связанный с клапаном задвижки.

Для предохранения пульпонасосов и насосов от гидроударов при внезапной их остановке (например, при аварийном отключении электроэнергии) на трубопроводах устанавливают *обратные клапаны*.

В процессе работы гидротранспортных установок через неплотности в сальниках, в прокладках и других соединительных элементах внутрь трубопровода просачивается воздух, скапливающийся в некоторых местах трубопровода и образующий воздушные пробки, которые могут привести к нарушению нормального режима работы гидротранспортной установки, а иногда и к более серьезным последствиям из-за возникновения гидроудара. Поэтому в местах предполагаемого скопления воздуха устанавливают небольшие емкости с кранами, через которые периодически выпускают воздух. Такие устройства называют *вантузами*.

В процессе эксплуатации трубопровод в течение года находится под воздействием различных температур, поэтому в нем возникают деформации по длине и он может прорваться главным образом в местах соединения отдельных труб. Для компенсации температурных удлинений трубопровода устраивают так называемые *компенсаторы температурных деформаций*. Наибольшее распространение получили компенсаторы в виде петель, компенсирующие изменение длины трубопровода за счет деформации изгиба петли, и сальниковые, допускающие относительное перемещение соединяемых отрезков труб без нарушения герметичности.

Кроме указанного оборудования для контроля за работой гидротранспортных установок используют различные приборы. На всасывающем трубопроводе устанавливают *вакуумметр*, а на нагнетательном – *манометр*. Поступление пульпы в пульпонасос контролируется *датчиком скорости движения пульпы*. Для контроля

плотности пульпы используют *консистометры*, устанавливаемые на нагнетательном трубопроводе.

Управление гидротранспортом и контроль за ним осуществляются автоматически. Оно предусматривает запуск насосов воды и землесосов и их аварийную остановку, контроль напора в трубопроводах, консистенции пульпы и расхода воды.

Производительность трубопроводного карьерного транспорта

Расчет гидротранспортных установок включает определение производительности, давления и мощности. Исходными данными для расчета параметров гидротранспортных установок являются: производительность по горной массе, характеристика транспортируемого груза (плотность, гранулометрический состав, абразивность), характеристика трассы (разность высот начальной и конечной отметок, длина, число поворотов).

Производительность трубопроводного транспорта выражается количеством горной массы, перемещаемой по трубам в единицу времени. *Техническая производительность одной линии* определяется производительностью землесоса ($\text{м}^3/\text{ч}$):

$$Q_t = V_{\Pi} \cdot [(1 - m) + q], \quad (5.1)$$

где V_{Π} – производительность землесоса по породе, $\text{м}^3/\text{ч}$;

m – пористость породы;

q – удельный расход воды на размыв и транспортирование, $\text{м}^3/\text{м}^3$.

Сменная *эксплуатационная производительность* трубопроводного транспорта ($\text{м}^3/\text{смену}$):

$$Q_{\text{см}} = Q_t \cdot T \cdot k_{\text{и}}. \quad (5.2)$$

Коэффициент использования трубопроводного транспорта в течение смены высок по сравнению с другими видами транспорта: $k_{\text{и}} = 0,98 \div 1,0$.

При расчете *месячной производительности* должны учитываться простои на передвижку землесоса в забое, наращивание пульповодов и водоводов, передвижку трубопроводов, землесосов и электрокоммуникаций при подвигании фронта работ:

$$Q_{\text{мес}} = Q_{\text{см}} \cdot n \cdot N, \quad (5.3)$$

где n – число смен в сутки;
 N – число рабочих дней в месяце.

Расчет водоснабжения трубопроводного транспорта заключается в определении производительности насосной станции ($\text{м}^3/\text{ч}$) и необходимого напора воды:

$$Q = \Pi \cdot q, \quad (5.4)$$

где Π – производительность карьера по породе, $\text{м}^3/\text{ч}$.

При расчете производительности насосной станции необходимо учитывать неизбежные потери воды во время транспортирования в забое (в пределах 15–20 %).

Контрольные вопросы

1. Основные преимущества трубопроводного (гидравлического) транспорта. Область его рационального использования.

2. Принцип работы трубопроводного транспорта. Отличия самотечного гидротранспорта от напорного.

3. Определение терминов «пульпа», «консистенция пульпы», «критическая скорость потока пульпы».

4. Основное оборудование трубопроводного транспорта и его назначение.

5. Отличие расчетов производительности трубопроводного и конвейерного транспорта.

Тема 6. Организация работы комбинированного транспорта на карьерах

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 это необходимо 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. Транспорт первого звена (внутрикарьерный) непосредственно обслуживает добычные забои. Он должен обладать большой маневренностью для обеспечения высокой производительности добычных машин, полноты выемки и требуемого качества полезного ископаемого. Транспорт второго звена должен обеспечить перемещение по кратчайшим наклонным участкам пути. Транспорт третьего звена (на поверхности) характеризуется транспортированием горной массы на большое расстояние по относительно горизонтальным участкам пути.

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 пунктов перегрузки, усложняющих технологический процесс и организацию работ.

Основное распространение получили следующие виды комбинированного транспорта: автомобильного с железнодорожным, автомобильного с конвейерным и автомобильного со скиповым подь-

емом. 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.

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. Подобная схема целесообразна в основном в двух случаях.

1. 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 грузов.

2. При разработке глубоких горизонтов карьеров или при быстром уходе горных работ на глубину в период строительства. При разработке месторождений глубокими карьерами возможно обслуживание каждым видом транспорта определенной зоны – до глубины 150–180 м используется железнодорожный транспорт, ниже лежащие 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. 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. Используемые при этом автосамосвалы с задней разгрузкой осуществляют подъезды в любой точке, т. е. имеется возможность одновременной разгрузки нескольких самосвалов в железнодорожные вагоны.

Размеры перегрузочных эстакад назначаются из условия обеспечения удобной перегрузки горной массы и необходимой пропускной способности для ритмичной работы всего комплекса. Эстакадная перегрузка наиболее экономична при небольшой грузоподъемности автосамосвалов (27–42 т).

С увеличением грузоподъемности автосамосвалов непосредственная перегрузка горной массы затруднительна, и поэтому становится целесообразным применение временных складов с последующей отгрузкой горной массы в другой вид транспорта. Такие пункты перегрузки позволяют, кроме того, проводить усреднение качества полезного ископаемого, поступающего из различных забоев.

Внутрикарьерное складирование вскрышных пород и полезного ископаемого и их погрузку со складов осуществляют одноковшовыми экскаваторами. Высота насыпи или уступа устанавливается в зависимости от параметров экскаватора. Железнодорожный путь укладывают вдоль склада.

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.

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 (полезное ископаемое) 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.

Схема ведения работ в карьере при автомобильно-конвейерном транспорте представлена на рис. 49.

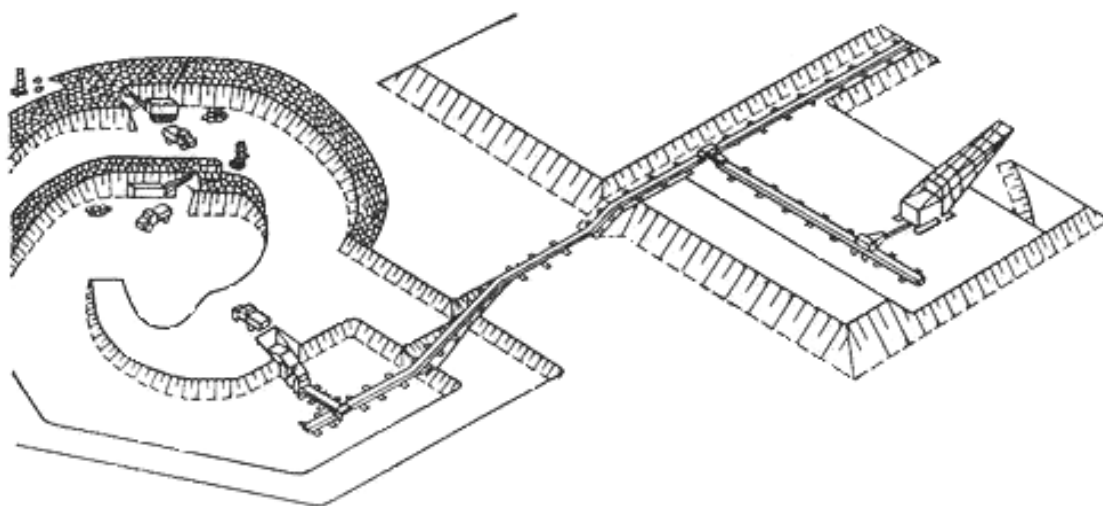


Рисунок 49 – Схема ведения работ в карьере при автомобильно-конвейерном транспорте

При этом целесообразно транспортирование 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 уступов, 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.

Контрольные вопросы

1. Преимущества и недостатки комбинированного транспорта. Область его рационального использования.

2. Условия, при которых автомобильный транспорт целесообразно комбинировать с железнодорожным.

3. Как осуществляется технологический процесс работы комбинированного автомобильно-железнодорожного транспорта?

4. Условия, при которых автомобильный транспорт целесообразно комбинировать с конвейерным (со скиповым).

5. Как осуществляется технологический процесс работы комбинированного автомобильно-конвейерного транспорта?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящем учебном пособии представлена и систематизирована самая актуальная на данный момент информация и последние тенденции в теории карьерных перевозок.

Пособие включает шесть тем, раскрывающих особенности карьерных перевозок различными видами транспорта.

Первая тема посвящена общим сведениям об открытых горных работах.

В остальных темах обучающиеся получают знания о различных видах карьерного транспорта, особенностях их работы и основах эксплуатационного расчета.

Приведено достаточно подробное описание некоторых аспектов, связанных с описанием особенностей организации работы в карьерах Кузбасса.

Изложенный в настоящем учебном пособии материал создает необходимую базу для расширения и углубления всех знаний, касающихся теории и практики организации и обеспечения работы карьерного транспорта.

Кроме этого учебное пособие позволит развить у обучающихся способность к творческому, самостоятельному анализу учебной и нормативной литературы, выработать умение систематизировать материал, сформировать и укрепить навыки практического применения своих знаний. После каждой темы даны контрольные вопросы, которые помогут обучающимся проверить свои знания, полученные при изучении пройденной темы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анистратов, Ю. И. Технологические процессы открытых горных работ : учеб. для студентов вузов, обучающихся по направлению «Горное дело» специальности «Открытые горные работы». – 3-е изд., перераб. и доп. / Ю. И. Анистратов. – Москва : Горное дело, 1995. – 350 с.
2. Бишон, Т. М. Автомобильный транспорт : сокр. пер. с англ. / Т. М. Бишон. – Москва : Недра, 1971. – 127 с.
3. Бритарев, В. А. Горные машины и комплексы : учеб. пособие для техникумов / В. А. Бритарев, В. Ф. Замышляев. – Москва : Недра, 1984. – 288 с.
4. Васильев, М. В. Научные основы проектирования и эксплуатации автомобильного транспорта на открытых горных работа / М. В. Васильев. – Свердловск : ИГД МЧМ СССР, 1962. – 235 с.
5. Дьяков, В. А. Транспортные машины и комплексы открытых разработок: учеб. для вузов / В. А. Дьяков. – Москва : Недра, 1986. – 344 с.
6. Таразанов, И. Итоги работы угольной промышленности России за январь–декабрь 2017 года / И. Таразанов // Уголь. – 2018. – № 3. – С. 58–69.
7. Краткий автомобильный справочник. – 8-е изд., перераб. и доп. – Москва : Транспорт, 1979. – 464 с.
8. Кулешов, А. А. Выбор оптимальной типажной структуры экскаваторно-автомобильных комплексов для условий конкретного карьера. – Ленинград, 1989. – 70 с.
9. Карьерный автотранспорт: состояние и перспективы / П. А. Мариев, А. А. Кулешов, А. Н. Егоров, И. В. Зырянов. – Санкт-Петербург : Наука, 2004. – 429 с.
10. Плютов, Ю. А. Транспортные машины [Электронный ресурс] : конспект лекций / Ю. А. Плютов ; Сибирский федеральный ун-т. – Версия 1.0. – Электрон. дан. (9 Мб). – Красноярск : ИПК СФУ, 2008. – 252 с. on-line. – Загл. с титул. экрана. (http://files.lib.sfu-kras.ru/ebibl/umkd/310/u_lectures.pdf)
11. Потапов, М. Г. Карьерный транспорт : учеб. для вузов по специальности «Открытая разработка месторождений полезных ископаемых». – 4-е изд., перераб. и доп. / М. Г. Потапов. – Москва : Недра, 1980. – 264 с.

12. Токмаков, П. И. Технология, механизация и организация открытых горных работ : учеб. для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. / П. И. Токмаков, И. К. Наумов. – Москва : Недра, 1986. – 312 с.

13. Хохряков, В. С. Открытая разработка месторождений полезных ископаемых : учеб. для техникумов. – 5-е изд., перераб. и доп. / В. С. Хохряков. – Москва : Недра, 1991. – 336 с.

14. Циперфин, И. М. Карьерный автомобильный транспорт : справочник / И. М. Циперфин, В. Д. Штейн. – Москва, 1992. – 415 с.

15. Экскаваторы для открытых горных работ : каталог-справочник. – Москва, 1972. – 79 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	3
ВВЕДЕНИЕ.....	4
Тема 1. Общие сведения об открытых горных работах.....	5
Контрольные вопросы.....	23
Тема 2. Автомобильный карьерный транспорт.....	24
Контрольные вопросы.....	44
Тема 3. Железнодорожный карьерный транспорт.....	45
Контрольные вопросы.....	71
Тема 4. Конвейерный карьерный транспорт.....	72
Контрольные вопросы.....	83
Тема 5. Трубопроводный (гидравлический) карьерный транспорт.....	84
Контрольные вопросы.....	92
Тема 6. Организация работы комбинированного транспорта на карьерах.....	93
Контрольные вопросы.....	98
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	99
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	100

Буянкин Алексей Владимирович
Стенин Дмитрий Владимирович
Стенина Наталья Александровна

КАРЬЕРНЫЕ ПЕРЕВОЗКИ

Учебное пособие

Редактор З. М. Савина

Подписано в печать 15.10.2018. Формат 60×84/16

Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman

Уч.-изд. л. 6,5

Тираж 100 экз. Заказ.....

КузГТУ, 650000, Кемерово, ул. Весенняя, 28
Издательский центр УИП КузГТУ, 650000, Кемерово, ул. Д. Бедного, 4а