

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
профессионального образования
«Забайкальский государственный университет»
(ФГБОУ ВПО «ЗабГУ»)

В.В. Медведев

ПОДЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ РУДНИКОВ

Учебное пособие

Чита
РИК ЗабГУ
2013

УДК 622.6 (075)
ББК 33.16 я 7
М 42
ISBN

Рецензенты:

Перевалов И.В., управляющий директор ООО «Забайкалзолотопроект».

Лизункин М.В., главный специалист эксперт по горно-рудной промышленности Министерства промышленности и энергетики администрации Забайкальского края, канд.техн. наук.

М42 **Медведев В.В.** Подземный транспорт рудников: учеб. пособие/ В.В. Медведев. – Чита: ЗабГУ, 2013. - 230 с.

В учебном пособии изложены сведения, освещающие теорию, конструкцию, расчет и эксплуатацию современных транспортных машин и комплексов шахт и рудников. Рассмотрены методики и приведены примеры расчета локомотивного, самоходного, скреперного и конвейерного транспорта. Пособие содержит необходимый справочный материал по транспортным установкам шахт и рудников выпускаемым в России и зарубежом.

Учебное пособие предназначено для студентов специальности 130400 – «Горное дело», специализация «Подземная разработка рудных месторождений».

Утверждено и рекомендовано к изданию решением редакционно-издательского совета ЗабГУ.

УДК 622.6 (075) я 7
ББК 33.16
М 42

Ответственный за выпуск: д-р техн. наук, профессор, зав.кафедрой ПРМ-ПИ В.М. Лизункин

© Забайкальский Государственный университет, 2013

ISBN

© Медведев В.В

Предисловие

Транспортные системы горного предприятия являются неотъемлемой частью технологических процессов горного производства, поэтому от эффективной их работы во многом зависит производственная мощность рудника и рентабельность предприятия.

Современные схемы и средства внутришахтного транспорта развиваются на основе внедрения новых прогрессивных технологий, механизации и автоматизации погрузки и транспортирования грузов. За последние годы созданы и внедрены новые виды транспортного оборудования, совершенствуются конструкции транспортных машин и формы организации работы и эксплуатации рудничного транспорта.

Основная цель настоящего учебного пособия – получение студентами теоретических знаний и практических навыков по применению, проектированию и эксплуатации рудничного транспорта с использованием последних достижений горной науки и современного уровня развития горной техники и технологии.

Учебное пособие состоит из 7 глав, в которых изложены основные сведения по теории, конструкции, эксплуатации локомотивного, самоходного, конвейерного, скреперного, гравитационного, трубопроводного и вспомогательных видов транспорта.

Учебное пособие предназначено для самостоятельного изучения студентами теоретических основ, оборудования и эксплуатации внутришахтного транспорта при изучении курса «Горные машины и оборудование» и может быть использовано при выполнении расчетно-графических работ, дипломных проектов и в дальнейшей деятельности в качестве инженера-технолога на горном предприятии.

Введение

Транспортные установки рудников служат для перемещения горной массы от забоев до поверхности, а в шахту — закладки, крепи, оборудования и материалов. Все эти грузы перемещаются различными способами и средствами: под действием собственного веса, самоходными машинами, скреперными установками, конвейерами, в вагонах локомотивами или лебедками, по трубопроводам. Также транспортные машины перевозят людей от ствола до забоя и обратно.

Подземные транспортные установки находятся в тяжелых и сложных условиях, поэтому транспортные машины должны быть приспособлены к быстрому изменению длины транспортирования, иметь высокую маневренность, стойкость к коррозии, а в некоторых условиях быть во взрывобезопасном исполнении, обладать высоким запасом прочности. Для бесперебойной работы транспортных машин необходимо, чтобы транспорт работал четко, полностью обеспечивал своевременную перевозку грузов, обладал высокой степенью безопасности и возможно меньшей стоимостью при эксплуатации.

В зависимости от вида транспортируемых грузов различают транспорт основной, предназначенный для перемещения породы из забоя и добываемого полезного ископаемого, и вспомогательный, обеспечивающий перемещение в подготовительный забой различных материалов, оборудования и людей.

В учебном пособии изучение отдельных видов транспортных машин основано на их классификации по конструктивному исполнению и способу транспортирования, облегчающей рассмотрение видов рудничного транспорта, согласно которой внутришахтный транспорт подразделяется на следующие виды:

- локомотивный по рельсовым путям;
- самоходный;
- конвейерный (включая конвейерные перегружатели);
- скреперный;
- канатный (с канатной тягой по наземным рельсам или подвесным канатным путям);
- гравитационный;
- трубопроводный (гидравлический или пневматический);
- монорельсовый подвесной.

Область применения различных видов транспорта зависит от физико-механических свойств транспортируемых грузов, производительности, длины транспортирования и других факторов. Кроме этого к подземным транспортным установкам относятся погрузочные и закладочные машины. Широко применяется вспомогательное транспортное оборудование: опрокидыватели, толкатели, лебедки, питатели, затворы, путевые стопоры, компенсаторы высоты и др.

Значительная роль в развитии промышленного транспорта принадлежит русским инженерам и ученым, работы которых сыграли большую роль в развитии науки о подземном транспорте. Необходимо выделить труды академиков А. М. Терпигорева и Л. Д. Шевякова, чл.-кор. АН СССР А. О. Спиваковского, профессоров Я. Б. Кальницкого, И. Г. Штокмана, С. А. Волотковского и других ученых.

Дальнейшее совершенствование внутришахтного транспорта идет по пути применения самоходного высокопроизводительного забойного оборудования, повышения мощности и грузоподъемности подземных транспортных машин, применении дистанционного и автоматического управления транспортной техникой, перехода на многозабойную и поточную технологию транспорта руды в блоках.

1. Локомотивный транспорт

1.1. Общие сведения о локомотивном транспорте

Локомотивный транспорт является одним из основных видов транспорта на шахтах горнодобывающей промышленности России и служит для перевозки основных и вспомогательных грузов, перевозки людей и производства маневровых работ по выработкам с уклоном от 3 до 5°/оо.

В зависимости от условий транспортирования на рудниках и шахтах применяются следующие виды локомотивов:

- аккумуляторные и контактные электровозы постоянного тока;
- электровозы переменного тока повышенной частоты с бесконтактным съемом энергии с питающей линии;
- инерционные локомотивы (гировозы);
- дизелевозы.

По сцепному весу локомотивы подразделяют на: легкие – до 50 кН, средние – 50-140 кН, и тяжелые свыше 140 кН.

Шахтные локомотивы по уровню взрывозащиты имеют следующие виды исполнения: рудничное нормальное РН (контактные электровозы); рудничное повышенной надежности РП (аккумуляторные электровозы и электровозы переменного тока); рудничное взрывобезопасное РВ (гировозы, взрывобезопасные аккумуляторные электровозы, взрывобезопасные дизелевозы). Область применения локомотивов зависит от взрывоопасности шахты и определяется ЕПБ. [5]

В зависимости от условий откатки на горизонтах шахты целесообразно применять локомотивы различной массы:

- по вентиляционным выработкам и горизонтам и по участковым выработкам локомотивы массой 7—10 т;

- по выработкам основных горизонтов локомотивы массой 7—10 т при ширине рельсового пути колеи 600 мм, и массой 14—28 т при ширине колеи 750 и 900 мм.

Преимущества локомотивного транспорта: многофункциональность; высокая производительность откатки, зависящая от числа локомотивов; высокая экономичность; маневренность; возможность раздельного и бесперегрузочного транспортирования по разветвленной трассе практически на неограниченные расстояния; высокий коэффициент готовности откатки.

Недостатки: цикличность; зависимость производительности от уровня организации; ограниченность применения по углам наклона (не более 5 ‰); наличие сложного аккумуляторного хозяйства при использовании аккумуляторных электровозов.

Выбор локомотива, соответствующего категории взрывобезопасности шахт, производится на основании технико-экономического расчета по условию минимума приведенных затрат на локомотивную откатку. Производственная мощность шахты (горизонта) и расстояние транспортирования являются основными факторами, влияющими на выбор массы локомотива, а также типа и грузоподъемности откаточного сосуда.

Основными типами откаточных сосудов для транспортирования полезного ископаемого и породы по горным выработкам являются:

- для рудников черной и цветной металлургии: вагонетки с глухим кузовом типа ВГ, вагонетки с боковой разгрузкой кузова типа ВБ, вагонетки с опрокидным кузовом типа ВО;

- для угольных шахт: вагонетки с глухим кузовом типа ВГ, вагонетки с донной разгрузкой типа ВД.

Выбор типоразмера вагонетки производится в зависимости от годовой производственной мощности рудника (горизонта).

1.2. Рудничные локомотивы

1.2.1. Рудничные электровозы постоянного тока

Рудничные электровозы постоянного тока по виду съема энергии подразделяются на контактные и аккумуляторные (рис.1.1). Контактные электровозы получили наибольшее распространение на рудниках черной и цветной металлургии, аккумуляторные электровозы применяются на угольных шахтах опасных по взрыву газа и пыли.

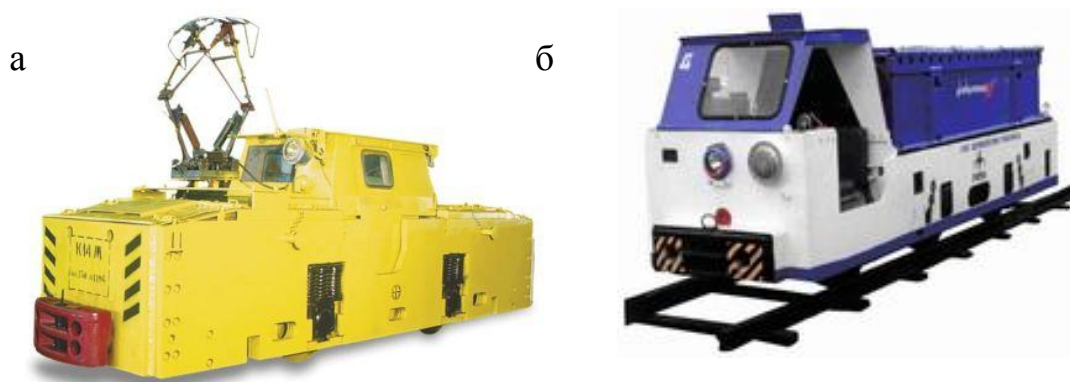


Рис.1.1. Рудничные электровозы постоянного тока:

а - контактный электровоз К14; б - аккумуляторный АМ8Д

Основной характеристикой локомотива любого типа является его сцепной вес P , т.е. вес, приходящийся на его ведущие оси. Для рудничных локомотивов сцепной вес равен полному весу, так как все оси – ведущие.

В настоящее время магистральные контактные электровозы выпускаются со сцепными весами 40, 70, 100, 140, 280 кН, а аккумуляторные – 55, 70, 80, 100, 140, 160, 280 кН. Скорость движения обычно не более 20 км/ч. Напряжение контактной сети постоянного тока 250 и

500 В, а на выходе аккумуляторной батареи от 40 до 160 В. Аккумуляторные батареи щелочные, железоникелевые типа ТЖН, реже – свинцовые.

По типоразмерному ряду в горной промышленности России применялись следующие типы электровозов (цифра: обозначает массу локомотива (т), буквы: А – аккумуляторный, К – контактный, Р – рудничный, П – исполнение повышенной надежности, В – взрывобезопасное исполнение, Т – тиристорная система управления):

- аккумуляторные АК-2У, 4,5АРП-2М, 5АРВ2М, АРП7, АРВ7, АМ-8Д, 2АМ-8Д, АРП10, АРП14, АРП28;

- контактные электровозы 3КР-600, 4КР1, 7КР-1У, К10, К14, КТ14, КТ28.

В последние годы электровозы модернизировались, а также различными заводами создавались новые модели:

ОАО Александровский машиностроительный завод выпускает рудничные контактные электровозы К4, 7КРМ1, К10, К14М, К14А, 2К14А. [10]

Новочеркасский электровозостроительный завод: электровоз контактный шахтный КН10. [17]

ОАО «Кыштымский машиностроительный завод» выпускает электровоз контактный рудничный 3КРА-600. [11]

Русская горно-насосная компания (Ясногорский машиностроительный завод): электровозы аккумуляторные серии АРП-7 и АРВ-7, электровозы аккумуляторные серии А5,5 (масса 5,5 т, сила тяги 9-9,5 кН, исполнение РП), А8 (исполнение РП), В8 (исполнение РВ), электровозы спаренные аккумуляторные серии 2А8, 2В8. [19]

Дружковский машиностроительный завод: электровозы аккумуляторные серии АМ8Д, 2АМ8Д, АРП-10 и АРП-14, и электровозы

контактные ЭК10Т (тиристорная система управления), ЭК10Р (реостатная система управления). [15]

Основные узлы устройства контактных и аккумуляторных электровозов включают в себя (рис. 1.2):

- *механическое оборудование*: в которое входят рама, ходовая часть, рессорное подвешивание, тормозная система, песочная система;
- *электрическое оборудование*: состоящее из тяговых двигателей, источника питания и пускорегулирующей аппаратуры;
- *пневмооборудование*: состоит из компрессора с электродвигателем от которого работает пневмопривод тормозов, песочницы, пневмосигнал и токоприемник.

Оборудование контактных и аккумуляторных электровозов принципиально одинаково, за исключением источника питания и подвода энергии.

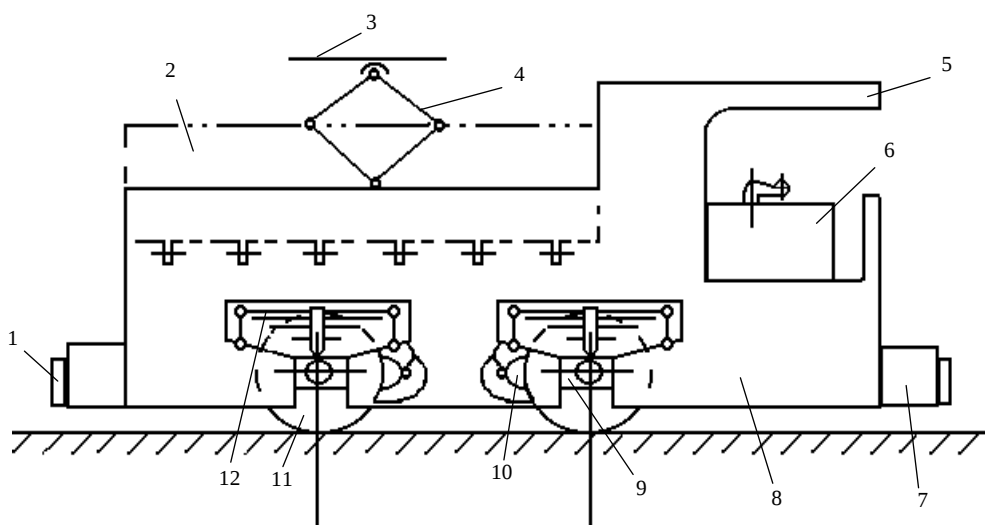


Рис.1.2. Конструктивная схема рудничного электровоза:

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

Механическое оборудование: Основным элементом, на котором монтируется все оборудование электровоза, является рама, состоящая из боковых и поперечных листов. Рама опирается через рессорную подвеску на буксы колесных пар электровоза. На раме с краю или в центральной части расположена кабина машиниста, а на торцах — буфера и сцепные устройства со штыревой сцепкой или автосцепкой, управляемой машинистом дистанционно из кабины электровоза.

Ходовая часть электровоза включает в себя колесные пары, состоящие из оси с жестко закрепленными на ней колесами, и буксы, в которых вращаются оси колесных пар. На оси колесной пары на подшипниках закреплен корпус редуктора, а двигатель эластично подвешен к раме электровоза.

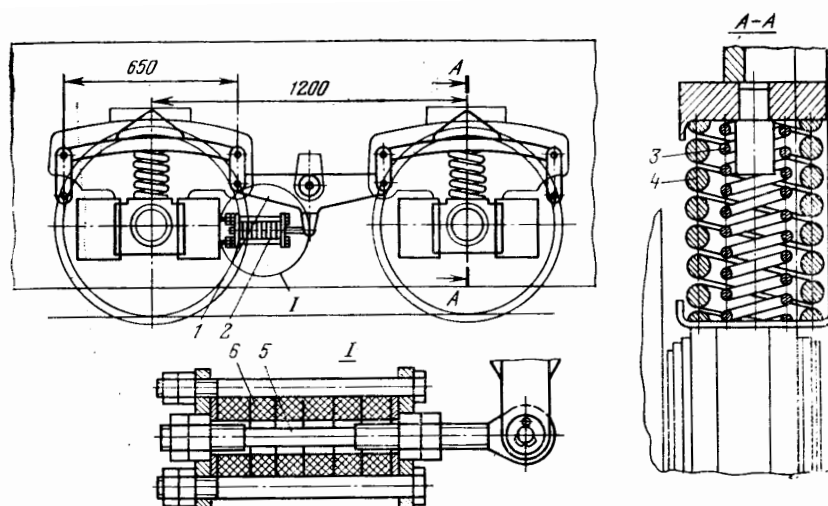


Рис. 1.3. Рессорная подвеска рамы электровоза К10:

1 — коромысло; 2 — стабилизатор; 3 и 4 — пружина соответственно внутренняя и наружная; 5 — тяга; 6 — амортизатор

Рессорная подвеска (рис. 1.3) смягчает удары при прохождении колес электровоза по стыкам рельсов и стрелочным переводам. На электровозах применяют индивидуальную и балансирующую системы рессорного подвешивания. При индивидуальной подвеске рама опирается на каждую буксу через индивидуальную рессору, а при балан-

сирной подвеске рессоры объединены между собою продольными балансирами, что обеспечивает равномерное распределение веса на все колеса электровоза. В качестве рессорной подвески применяют листовые рессоры, спиральные пружины и резинометаллические амортизаторы.

Электровозы оборудованы двумя тормозными системами: электрической и механической. Основной рабочей системой является электрическое реостатное торможение. Для экстренного торможения и полной остановки применяют механическую систему (рис. 1.4). Наибольшее распространение получили механические системы с тормозными колодками, снабженные ручным или пневматическим приводом.

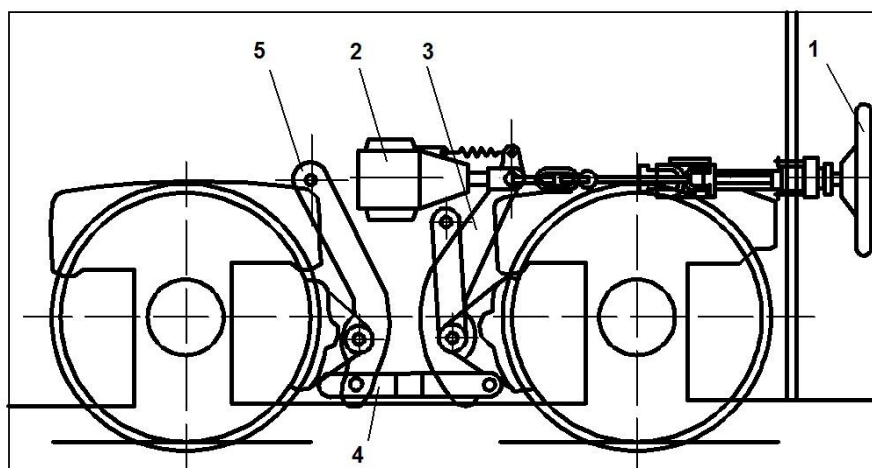


Рис. 1.4. Тормозная система электровоза К10:

1 — штурвал; 2 — тормозной цилиндр; 3 — передний рычаг; 4 — тормозная стяжка; 5 — задний рычаг

Песочная система предназначена для подсыпки песка под колеса на рельсы для увеличения силы сцепления и устранения буксования колес. Песочная система включает четыре бункера для песка, управляемые через систему тяг от ручного привода или от пневмосистемы.

Пневмосистемой оборудуют электровозы со сцепным весом 100 кН и более: компрессор (давление воздуха в пневмосистеме 0,45—

0,65 МПа.) которой приводится от самостоятельного электродвигателя. С помощью сжатого воздуха из песочниц подается песок на головки рельсов, осуществляется прижатие тормозных колодок в момент торможения, а также подъем и опускание токоприемника и работа пневмосигнала. Пневматическая и электрическая цепи сблокированы с дверями кабины, при открывании которых отключается питание тяговых электродвигателей, и с выдержкой 3—5 с включается пневмопривод тормозной системы.

Электрическое оборудование электровозов: включает в себя тяговые двигатели постоянного тока последовательного возбуждения, контроллеры, пусковые реостаты, аппаратуру защиты и освещения. Контактные электровозы оснащены токосъемниками, а аккумуляторные — тяговыми аккумуляторными батареями.

В качестве тяговых двигателей на электровозах применяют электродвигатели постоянного тока с последовательным возбуждением, которые по сравнению с двигателями с параллельным возбуждением обладают такими преимуществами, как обеспечение автоматического регулирования скорости в зависимости от нагрузки, меньшая чувствительность к колебаниям напряжения питающей сети, больший пусковой момент и перегрузочная способность.

Основные параметры тягового двигателя определяются по его электрохимической характеристике. Номинальным режимом работы тяговых двигателей считают часовой режим, при котором допускаемая температура обмоток двигателя достигается через час его работы. Длительному режиму соответствует такой ток, при котором допускаемая температура обмоток двигателя достигается за неограниченно длительное время.

Контроллером осуществляют пуск, регулирование скорости, остановку, реверсирование и электрическое торможение. Пусковые реостаты состоят из отдельных элементов, изготовленных из сплавов с большим удельным сопротивлением.

Управление тяговыми двигателями электровоза производят по реостатной и безреостатной схемам. Современные электровозы в основном оборудованы безреостатными системами управления с секционированием аккумуляторных батарей, а также с использованием тиристорно-импульсных преобразователей. Секционирование построено на принципе параллельного или последовательного включения равного числа элементов аккумуляторной батареи. Соответствующей комбинацией включения достигается напряжение на двигателях, равное 25, 50 и 100% от номинального. Такая схема управления по сравнению с реостатной позволяет уменьшить потери электроэнергии.

Электрические схемы электровозов позволяют в первую половину пуска соединять тяговые двигатели последовательно, а во вторую — параллельно, что обеспечивает экономию энергии, а также две оптимальные скорости движения электровоза.

Для питания тяговых электродвигателей аккумуляторных электровозов применяются тяговые щелочные никель-железные (ТНЖ и ТНЖШ) и никель-кадмиевые (ТНК) шахтные аккумуляторные батареи, расположенные внутри батарейного ящика с внутренним изоляционным покрытием.

Условные обозначения тягового щелочного аккумулятора (112ТНЖШ-550У5): Т — тяговый; НЖ — никель-железный, НК — никель-кадмиевый, Ш — шахтный, П — пластмассовый бак. Для рудничных электровозов тяговые батареи (аккумуляторы) имеют исполнение У и категорию размещения 5 для работы при температуре

окружающей среды от минус 20 °С до плюс 45 °С. Цифры, стоящие перед обозначением типа аккумулятора, указывают на число последовательно соединенных элементов в батарее, а цифры после букв обозначают номинальную (пятичасовую) емкость в ампер-часах. Эта емкость гарантируется заводом-изготовителем при установленном режиме разряда до конечного напряжения 1 В при температуре элемента от 16 до 35 °С. Среднеразрядное напряжение одного аккумулятора составляет 1,15 В.

На зарядных подстанциях производят обслуживание и зарядку аккумуляторных батарей. Зарядку аккумуляторных батарей осуществляют зарядными устройствами (типов УЗА и ЗУК) соответственно с германиевыми и кремниевыми вентилями. Зарядные подстанции располагают в зарядных камерах, обычно объединенных с гаражом электровазов.

Для питания контактных электровазов монтируется контактная сеть (рис. 1.5) состоящая из питающего кабеля, контактного провода, рельсового пути и отсасывающего кабеля.

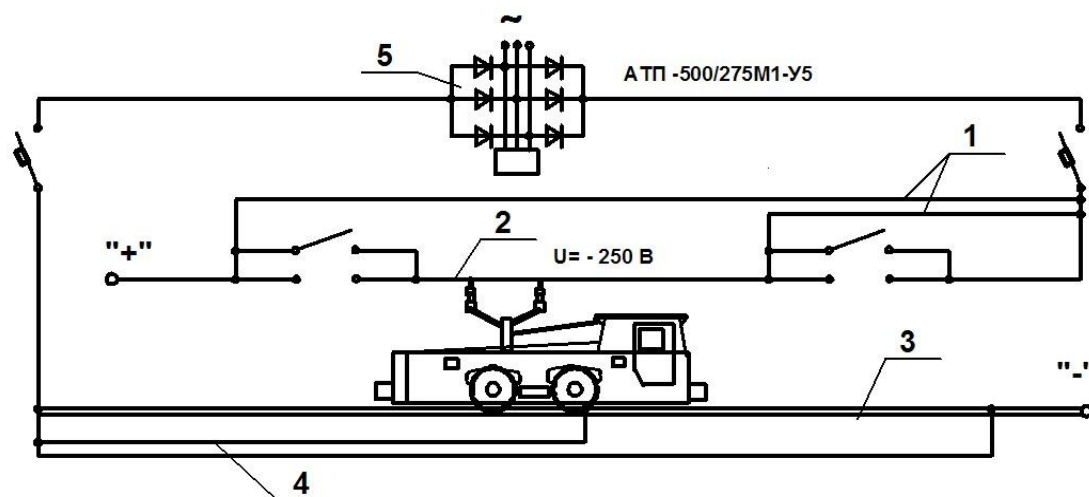


Рис.1.5. Централизованная схема питания тяговой сети:

1 - питающий кабель; 2 - контактный провод; 3 - рельсовый путь; 4 - отсасывающий кабель

Контактную сеть секционируют выключателями, расстояние между которыми не должно превышать 500 м. На угольных и рудных шахтах напряжение постоянного тока тяговой сети составляет 250 В.

В качестве преобразователей переменного тока в постоянный используют систему двигатель — генератор и различные типы выпрямителей. Основным типом тяговой подстанции, изготавливаемой серийно, является автоматическая тяговая подстанция (типа АТП), выполненная на кремниевых полупроводниковых выпрямителях.

Высота подвески контактного провода в подземной выработке должна быть не менее 1,8 м от головки рельса. На посадочных и погрузочно-разгрузочных площадках, а также в местах пересечения выработок, по которым передвигаются люди не менее 2 м. В околоствольном дворе на участке передвижения людей контактный провод подвешивается на высоте 2,2 м. Подвеска контактного провода в подземных выработках выполняется эластичной на оттяжках или жесткой.

1.2.2. Электровозы бесконтактные переменного тока повышенной частоты

Бесконтактные электровозы переменного тока повышенной частоты предназначены для откатки по магистральным выработкам шахт, опасных по газу или пыли, где разрешена эксплуатация локомотивов повышенной надежности.

Электровоз В14 (рис 1.6) выполнен с двумя постами управления, расположенными по концам машины. Кабины машиниста имеют полузакрытое исполнение. Энергоприемник образует верхнее перекрытие кабины, ветровое стекло защищает машиниста от встречного потока воздуха.

Электровоз состоит из двух составных частей: приемно-силовой и ходовой. Аппаратура приемно-силовой части (приемно-силового контура) закреплена в опорно-рамной конструкции, которая устанавливается на ходовой части и образует надрамное строение локомотива. Ходовая часть (привод, гидравлическая тормозная и песочная системы и др.) унифицирована с аккумуляторным электровозом АРП14.

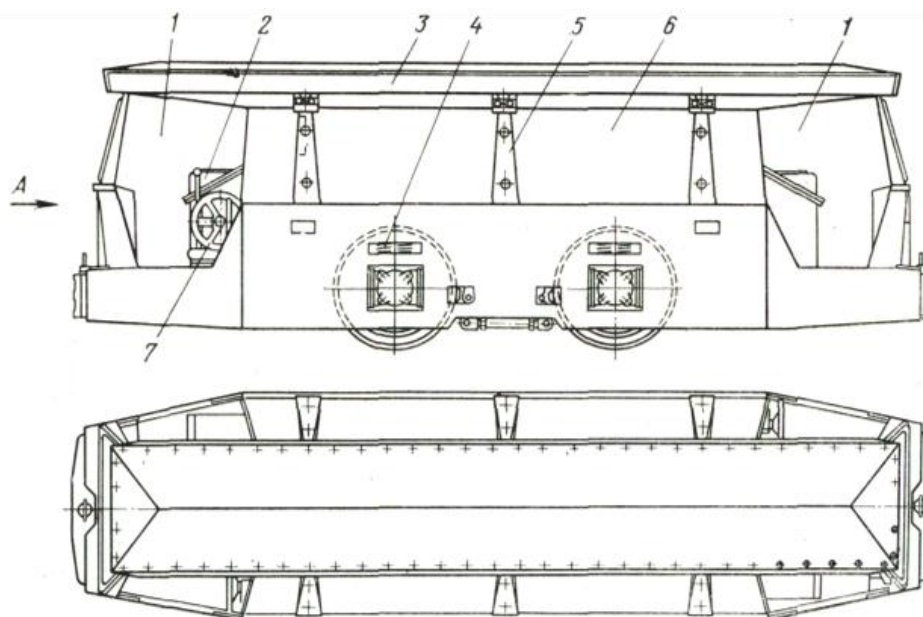


Рис. 1.6. Электровоз переменного тока повышенной частоты В 14:

1 — кабина машиниста; 2 — аппаратура управления; 3 — энергоприемник; 4 — рессорное подвешивание; 5 — рама энергоприемника; 6 — ящик конденсаторов; 7 — маховик ручного тормоза; 8 — фара

Принцип действия электровоза (рис. 1.7) основан на передаче энергии от тяговой сети к локомотиву без электрического контакта за счет электромагнитной индукции. Генератор высокой частоты (5000 Гц) питает высокочастотный кабель, уложенный между рельсами или подвешенный над путями. Энергоприемник электровоза состоит из ферромагнитного сердечника и нескольких витков медных жил. Тяговая сеть и энергоприемник локомотива образуют трансформатор, пер-

вичной обмоткой которого является тяговая сеть, а вторичной— энергоприемник.

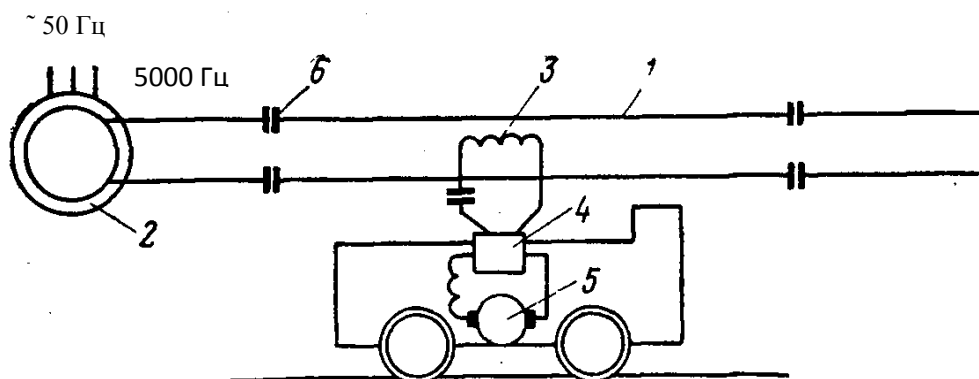


Рис.1.7. Схема питания высокочастотного электровоза

1 - линейный изолированный кабель; 2 – высокочастотный генератор; 3 – энергоприемник; 4 – выпрямитель; 5 – тяговые электродвигатели; 6 – конденсаторы (компенсируют индуктивность сети).

Наведенная в энергоприемнике э. д. с. высокой частоты выпрямляется кремниевыми вентилями и подводится к двигателям постоянного тока. Управление тяговыми электродвигателями, осуществляется посредством тиристорной аппаратуры типа ТЭРА.

Приемно-силовой контур настроен в резонанс на частоту 5000 Гц. Настройка осуществляется специальными конденсаторами КСПР-0,5-5У5.

Тяговая линия прокладывается вдоль откаточного пути и представляет собой систему двух параллельных проводников, подвешенных в горизонтальной плоскости на высоте 1,8 м от уровня головки рельсов. Расстояние между кабелями 400 мм. Зазор в свету между кабелями тяговой линии и энергоприемником 100 мм.

В качестве проводников используется специальный изолированный кабель КШСЛ90. С целью уменьшения наводок в посторонних проводниках (кабелях, трубопроводах и т. п.) проводники тяговой линии транспонируются (перекрещиваются) с одинаковым шагом

(90—140 м). Для снижения высокого реактивного сопротивления в линию включаются компенсирующие конденсаторы КСПР-0,5-5У5. Линия обтекается стабилизированным током 150 А. Ток в линии автоматически поддерживается постоянным, независимо от числа работающих электровозов и их нагрузки.

Преобразовательная подстанция служит для преобразования тока промышленной частоты 50 Гц в ток частотой 5000 Гц и комплектуется тиристорным преобразователем частоты ТПЧ250—5У5 мощностью 250 кВт. Подстанция обеспечивает стабилизацию тока в линии, имеет минимальную и максимальную токовые защиты со стороны нагрузки.

Бесконтактный электровоз переменного тока повышенной частоты В 14 на колею 900 мм, имеет следующие основные параметры приведенные в табл. 1.1.

Таблица 1.1. *Техническая характеристика электровоза В 14*

Параметры	Показатели
Масса, т	14
Параметры часового режима:	
скорость, км/ч	10,5
сила тяги, Н	17800
Тяговый электродвигатель:	
тип	ДРТ23.5
мощность часового режима, кВт	23,5
номинальное напряжение, В	185
ток часовой, А	148
частота вращения при часовом режиме нагрузки, об/мин	1030
суммарная мощность электродвигателей, кВт	47
Основные размеры, мм:	
длина	5600
ширина	1350
высота по приемному устройству	1670
Жесткая база, мм	1655
Клиренс, мм	100
Минимальный радиус вписывания, м	15

Достоинства: При одинаковой массе с аккумуляторными электровозами электровозы переменного тока повышенной частоты имеют более высокую производительность, так как снимаемое с питающей линии напряжение всегда неизменно и не зависит от расстояния между электровозом и преобразовательной подстанцией. В связи с этим их применение особо предпочтительно в выработках большой протяженности, с большими грузопотоками и завышенным профилем пути.

Преимуществами этих электровозов по сравнению с контактными являются отсутствие блуждающих токов, искрения при съеме энергии и истирания токосъемника и энергоподводящей сети, а также исключение опасности электротравматизма при случайном касании проводников питающей сети.

1.2.3. Инерционные локомотивы

Инерционные локомотивы (гировозы) предназначены для откатки вагонеток по вентиляционным выработкам сверхкатегорных шахт, а также по выработкам шахт, опасных по внезапным выбросам угля или газа или по суффлярным выделениям метана. Для движения их используется кинетическая энергия вращающегося маховика.

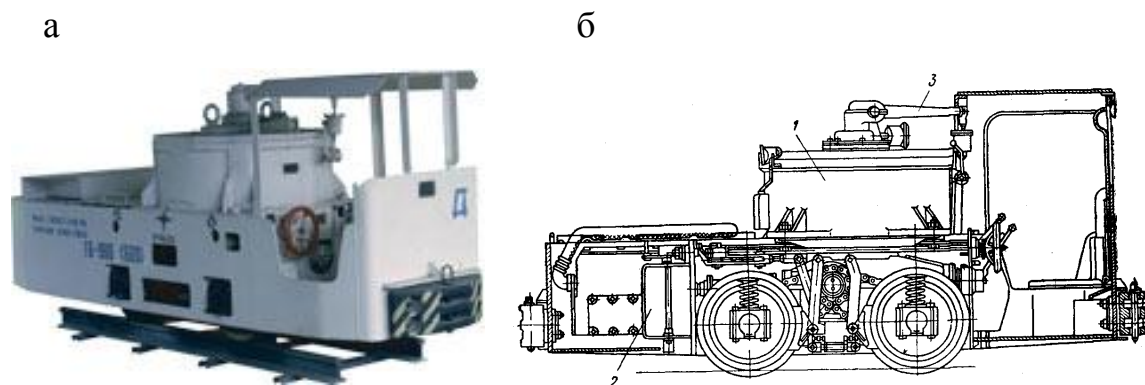


Рис.1.8 Гировоз ГР-6:

а – общий вид локомотива; б – устройство локомотива ГР-6: 1 - маховик; 2 – пневмодвигатель; 3-рукоять управления

Гировоз ГР-6 (рис. 1.8) представляет собой двухосную машину с рамой наружного типа. Обе колесные пары являются ведущими. В передней части рамы размещена кабина машиниста. Внутри кабины установлены сиденье машиниста, аппаратура и рукоятки управления, звонок и т. п. К торцам рамы крепятся сцепные устройства, представляющие собой буфер с пазами и штыревой сцепкой для сцепления вагонов с гировозом. Для смягчения ударов между буферами и лобовыми листами установлены двусторонние резиновые прокладки.

В средней части рамы размещены маховик в сборе с корпусом, двухступенчатый редуктор и тормозная система.

Для раскручивания (зарядки) маховика (массой 1,5-3 т с частотой вращения 3000 мин^{-1}) используется пневматический двигатель, питающийся от воздушной магистрали сжатым воздухом давлением не менее 0,4 МПа. Редуктор соединен с пневмодвигателем при помощи промежуточного вала и системы эластичных муфт. Раскручивание маховика осуществляется через зубчатую передачу от пневмодвигателя, подключаемого периодически к пневмосети, проложенной вдоль откаточной выработки. Передача энергии от вращающегося маховика к колесным парам осуществляется через многоступенчатую понижающую зубчатую и цепные передачи.

Подключение маховика во время зарядки, при движении локомотива и отключение на стоянках осуществляется конусной муфтой от рукоятки управления. Включение на режим зарядки или движения производится двумя зубчатыми муфтами, а реверсирование движения локомотива — двумя многодисковыми фрикционными муфтами.

Эксплуатационные качества гировозов в значительной степени зависят от продолжительности зарядки (число зарядок в смену составляет четыре—шесть). Продолжительность зарядки маховика до

3000 мин⁻¹ в значительной степени зависит от давления в сети сжатого воздуха и составляет от 6 (подзарядка) до 25 мин (полная зарядка при низком давлении). Разрядка маховика ниже 25 % от номинальной не рациональна, так как при этом скорость движения поезда очень небольшая и, кроме того, при глубокой разрядке маховика ухудшаются энергетические показатели последующей полной зарядки. Энергии раскрученного маховика достаточно для движения состава массой 20т на расстояние до 1км по горизонтальному пути.

Контроль за частотой вращения маховика осуществляется тахометром ТХ-1. Одному делению на шкале тахометра соответствует 200 об/мин маховика.

Таблица 1.2. *Технические характеристики гировозов ГР6 Дружковского машиностроительного завода [15]*

Параметры	ГР 6	ГР 6
Колея, мм	600	750, 900
Масса, т	5,7	5,9
Сила тяги, кН	2,4	2,4
Максимальная сила тяги, кН	11,16	11,56
Пробег, не менее м	1000	1000
Средняя скорость, км/ч:		
на первой передаче	6,8	6,8
на второй передаче	6,7	6,7
Максимальная частота вращения маховика, мин ⁻¹	3000	3000
Время зарядки гировоза при раскручивании маховика до максимальной скорости, мин	16	16
Основные размеры, мм:		
длина по буферам	3620	3620
ширина	1020	1300
высота	1430	1430
жесткая база	900	900
Тип источника энергии	маховик разгоняемый пневмодвигателем 1К30МФ	маховик разгоняемый пневмодвигателем 1К30МФ

Гировозы оборудованы эластичной подвеской. Подвеска безбалансирная на четырех витых цилиндрических пружинах.

Тормозная система состоит из четырехколодного механического тормоза с ручным (от маховика, расположенного в кабине машиниста) приводом на оба полуската. Тормозная система снабжена также храповым устройством для предотвращения самопроизвольного растормаживания на стоянках.

Для освещения пути применяются головные светильники, аккумуляторные батареи которых периодически подзаряжаются в ламповой на поверхности шахты.

Преимущества гировоза: взрывобезопасность, отсутствие преобразовательных подстанций, аккумуляторного хозяйства и контактной сети.

1.2.4. Шахтные дизельные локомотивы

Шахтные дизелевозы изготавливаются в нормальном и взрывобезопасном исполнениях и поэтому могут применяться в условиях, опасных по газу или пыли. Важными преимуществами дизелевозов перед другими подземными локомотивами являются автономность работы, отсутствие вспомогательных зарядных и преобразовательных установок, меньшая чувствительность к толчкам и перегрузкам. Однако дизелевозы конструктивно сложны и требуют квалифицированного и систематического ухода

Дизельгидравлический шахтный напеченный локомотив представляет собой буксирное транспортное средство, предназначенное для горизонтальной рельсовой транспортировки людей и грузов в шахтах с наличием угольной пыли и метана.



Рис. 1.9. Дизельгидравлический шахтный локомотив DH70D.3

Дизелевоз (рис. 1.9.) состоит из трех частей: двух кабин и промежуточной секции - машинного отделения. Конструкция кабин обеспечивает водителю все удобства, хороший обзор рельсового пути, защищает его от травм и позволяет выходить в обе стороны. Обе кабины, оснащенные управляющими, контрольными и защитными приборами, можно снять при перевозке дизелевоза под землю.

Силовой единицей является четырехтактный дизельный двигатель с водяным охлаждением и косвенным впрыском топлива. Двигатель заводится с помощью пневматического стартера низкого давления. Передачу мощности от ДВС к осям ходовых колес обеспечивает гидравлическая система передачи с автоматической регулировкой мощности через взаимно соединенные механические коробки передач, расположенные на осях. Гидравлическая система передачи обеспечивает плавное трогание с места с возможностью использования максимального крутящего момента, плавное изменение выходных параметров дизелевоза при постоянных входных параметрах ДВС, выгодные динамические свойства, полную защиту ДВС от перегрузок и действенное торможение дизелевоза.

При эксплуатации дизелевозов необходимо применять устройства для очистки выхлопных газов и усиленную вентиляцию откаточ-

ных выработок. В связи с этим дизелевозы снабжаются сложными устройствами для очистки, разжижения и охлаждения выхлопных газов, а для обеспечения взрывобезопасности — искрогасителями со стороны выхлопной и всасывающей труб. Охлаждение выхлопных газов осуществляется водой, впрыскиваемой в выхлопную трубу, а очистка и обезвреживание — в промывочной камере с раствором сульфата натрия или гидрохинона, улавливающего углекислый газ и альдегиды. Наибольшую опасность представляют собой окись углерода и окислы азота. Для снижения их содержания в выхлопных газах для двигателей дизелевозов применяют бедную горючую смесь (дизелевозы работают на смеси с избытком воздуха, отношение количества воздуха по весу к количеству топлива составляет примерно 20 : 1) и специальные поглотители. Установлено, что для проветривания выработок на каждый киловатт мощности двигателя дизелевоза требуется дополнительно примерно 5—6 м³/мин воздуха. Дизелевозы изготавливаются со сцепным весом 30—200 кН и мощностью двигателя 5—30 кВт. В экономическом отношении дизелевозы значительно выгоднее электровозов.

Таблица 1.3. *Техническая характеристика напочвенных дизель-гидравлических локомотивов DH Pohronske Strojarne поставщик компания «Кузбасспромсервис» [12]*

Показатели	Ед. изм.	DH30 D.1	DH35 D.1	DH70 D.3	DH100 D.1
Сила тяги max	кН	11,75	20,00	28,00	40
Номинальная мощность	кВ	20,63	35	60	90
Колея	мм	450-900	550-900	560-900	600-900
Скорость плавная	км/ч	0-12	0-18	0-18	0-18
Длина	мм	4080	4680	5500	5900
Ширина	мм	900	950-1250	1000	1150
Высота от головки рельса	мм	1500	1500	1600	1650
Масса	т	5,5	7,0	10,0	14,5

Недостатки машин с дизельным приводом: конструктивная сложность, необходимость тщательного и квалифицированного ухода, загрязнение рудничной атмосферы окисью углерода и окислами азота и необходимость усиленной вентиляции откаточных выработок.

1.3. Шахтные откаточные сосуды

В зависимости от назначения рудничные вагонетки разделяют на грузовые для транспортирования насыпных грузов, пассажирские — для перевозки людей и специальные — для доставки различных вспомогательных грузов.

Грузовые вагоны служат для перевозки полезного ископаемого, пустой породы, оборудования и крепежных материалов. Людские вагоны предназначены для перевозки людей по горизонтальным и наклонным выработкам. Вагоны специального назначения применяют для перевозки противопожарного инвентаря, взрывчатых материалов, смазки, воды.

Основными частями грузовых вагонеток для перевозки горной массы (рис. 1.10), являются кузов, рама, полускат, подвагонный упор, буфер и сцепка.

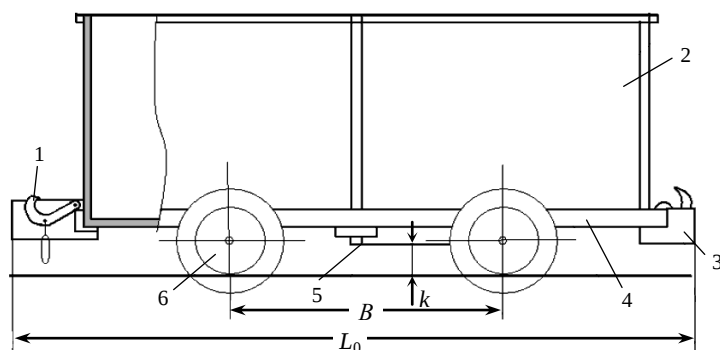


Рис.1.10. Шахтная вагонетка с глухим кузовом:

1 – сцепка; 2 – кузов; 3 – буфер; 4 – рама; 5 – подвагонный упор; 6 – колесная пара (полускат)

Рама вагонов, на которой крепятся кузов, полускаты, тележки, буфера, сцепки и упор, воспринимает толчки и тяговые усилия, поэтому она должна быть особо прочной.

Кузов вагонетки изготавливают из стальных листов толщиной 4 - 8 мм с днищем полукруглой, трапециевидной или прямоугольной формы. Для придания жесткости стенки кузова усиливают в верхней части обвязкой из полосовой стали и гофрами жесткости. Для увеличения долговечности кузова вагонеток изготавливают из низколегированных сталей.

Подвагонный упор служит для захвата вагонов кулаком подвагонных толкателей, компенсаторов высоты и других устройств, обеспечивающих механическое передвижение вагонов в пунктах погрузки, в околоствольных дворах и надшахтных зданиях.

Буфер воспринимает удары при столкновении вагонов и несет на себе устройства для их сцепки и расцепки. Сцепки служат для соединения вагонов в состав и передачи тягового усилия. По способу действия они разделяются на простые и автоматические, а по конструкции—на невращающиеся и вращающиеся.

Вращающиеся сцепки допускают разгрузку вагонов в круговых опрокидывателях без расцепки составов. Простые вращающиеся сцепки соединяются набрасыванием звена одной сцепки на крюк второй. При этом звено второй сцепки находится в висячем положении.

Автоматические сцепки состоят из литого корпуса, замыкающего механизма, механизма расцепления и амортизирующего устройства. Сцепление вагонов происходит при их соударении автоматически. Для расцепления необходимо нажать на рычаг механизма расцепления одной из сцепок.

Вагоны с кузовом до 4 м³ обычно изготавливают на полускатах, прикрепляемых к раме. Полускат состоит из оси с двумя свободно вращающимися на ней колесами. Комплект из двух полускатов называется скатом. Расстояние между двумя полускатами (осями колес) называют жесткой базой.

В вагонах с кузовом объемом более 4 м³ применяют две ходовые двухосные тележки, шарнирно соединенные с рамой. Благодаря этому облегчается проход длинных вагонов по закруглениям рельсовых путей.

1.3.1. Грузовые шахтные вагонетки

Грузовые вагонетки можно классифицировать по выполнению кузова:

1. с глухим, жестко закрепленным на раме вагонетки кузовом (тип ВГ) с разгрузкой в круговых опрокидывателях;
2. с кузовом, снабженным откидными днищами (тип ВД и ВДК) с разгрузкой через днище;
3. с кузовом, шарнирно закрепленным на раме и поднимающимся откидным бортом (тип ВБ) с разгрузкой при наклоне кузова и подъеме борта;
4. с глухим опрокидным кузовом (тип ВО) с разгрузкой при опрокидывании кузова;
5. саморазгружающимся кузовом с донным конвейером для загрузки и разгрузки (тип ВПК).

В шифре вагона справа от букв, обозначающих тип вагона (ВГ, ВБ, ВД, ВДК, ВО, ВПК), цифрами указывается объем кузова (м³). Дополнительная буква У или М означает, что этот тип вагона унифицирован или модернизирован.

Кроме объема кузова вагоны характеризуются грузоподъемностью (T). Отношение собственной массы вагона G_0 к его грузоподъемности G называется коэффициентом тары K_t .

Наиболее широко применяются при проведении горных работ вагонетки с глухим кузовом типа ВГ (рис. 1.11), как наиболее прочные, простые по конструкции и надежные в работе. Для транспортирования угля и породы серийно изготавливают вагонетки типа ВГ с кузовом вместимостью 1,0; 1,1; 1,3; 1,4; 1,6; 2,5; 3,3 м³ [15]. На рудных шахтах применяют вагонетки с типоразмером 1,0; 1,2; 2,0; 2,2; 4,0; 4,5; 9; 10 м³. [10, 13, 21]

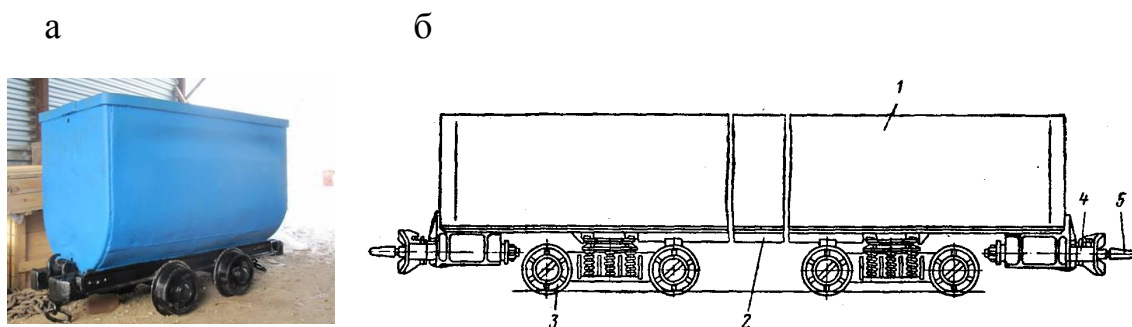


Рис.1.11. Вагонетка с глухим кузовом типа ВГ:

а – вагонетка с глухим кузовом на полускатках; б - вагонетка с глухим кузовом на ходовых тележках: 1 – кузов; 2 – рама; 3 – полускат; 4 – буфер; 5 – сцепка; 6 – подвагонный упор

Вагонетки с откидными днищами типа ВД и ВДК (рис. 1.12) применяют в основном на угольных шахтах. Вместимость вагонеток типа ВД – 2,5; 4,0; 5,6 и 8,0 м³, типа ВДК – 1,5; 2,5 м³. []

Вагонетка типа ВД имеет два шарнирно закрепленных днища, на которых установлены ролики, взаимодействующие с разгрузочными кривыми. В закрытом положении днища удерживаются затворами. При подходе вагонетки к разгрузочной яме наружные плечи рычагов затворов взаимодействуют с поворотными шинами, днища освобождаются, ролики днищ опускаются на разгрузочные кривые. При

дальнейшем движении вагонетки днища плавно открываются и груз разгружается в яму. Закрывание днищ после их подъема на кривых осуществляется автоматически.

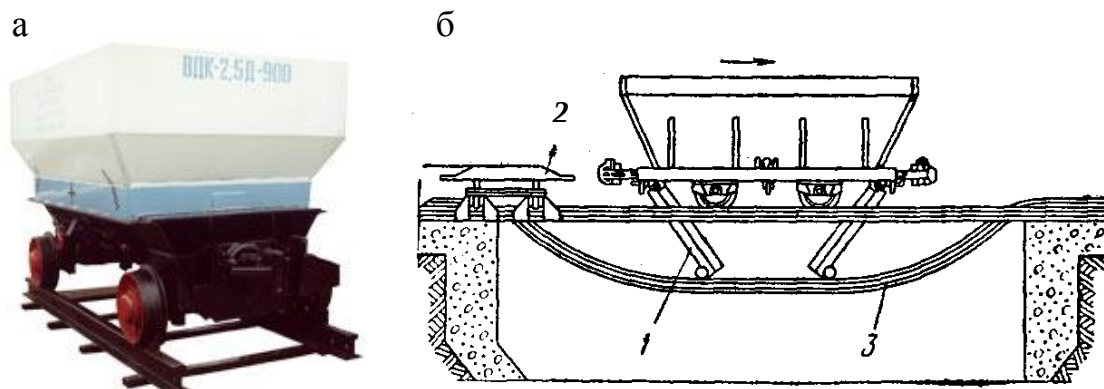


Рис.1.12. Вагонетка с откидными днищами типа ВД

а – внешний вид вагонетки ВДК-2,5; б - схема разгрузки вагонетки ВД: 1 – шарнирно закрепленные днища; 2 – поворотная шина; 3 – разгрузочные кривые

В вагонетке типа ВДК днища клапанного типа открываются вдоль продольной оси кузова, при этом створки днища в открытом положении располагаются выше головок рельсов.

Преимущество вагонеток с откидными днищами типа ВД — быстрая разгрузка на ходу без опрокидывателя, недостатки — некоторая сложность конструкции днища, возможность самопроизвольного открывания днищ и просыпание мелочи при неплотном их закрытии.

На зарубежных рудных шахтах для транспортирования в основном руды применяются вагонетки, днища которых откидываются при разгрузке вместе с полускатами, при этом кузов своими боковыми направляющими перемещается по батареям стационарных роликов.

В вагонетках с откидным бортом типа ВБ (рис. 1.13), типоразмером 1,6; 2,5; 4,0 м³ [13], кузов с одной стороны шарнирно закреплен на раме, а с противоположной стороны на кузове закреплен ролик,

взаимодействующий при разгрузке с наклонной шиной, при этом кузов наклоняется и одновременно приподнимается борт, соединенный с рамой и кузовом шарнирно-рычажной системой. Разгрузка может осуществляться только на одну сторону. При сходе бокового ролика с шины кузов с бортом возвращается в исходное положение. Существует другая разновидность вагонеток с откидным бортом, разгрузка которых осуществляется с помощью штокового опрокидывателя.

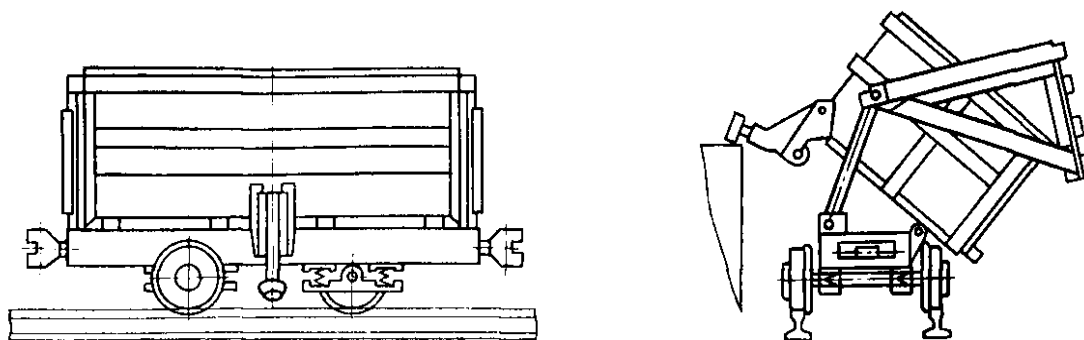


Рис.1.13. Вагонетка с откидным бортом типа ВБ

Преимущества вагонеток типа ВБ — транспортирование и безостановочная разгрузка крупнокузовых грузов, недостатки — большой коэффициент тары по сравнению с вагонетками типа ВГ, сложность конструкции, просыпь мелочи. Вагонетки типа ВБ применяют в основном на рудных шахтах.

В вагонетках с глухим опрокидным кузовом типа ВО (рис .1.14), вместимостью $0,5; 0,8; 1,0 \text{ м}^3$ [10, 21], кузов опирается на раму секторами, на которых закреплены шипы. При разгрузке в любую сторону происходит перекачивание секторов по полкам с фиксацией шипов в отверстиях, благодаря чему производятся наклон кузова и его перемещение по полкам без скольжения. В рабочем положении кузов фиксируется затвором, управляемым вручную.

Основное преимущество вагонеток типа ВО — возможность разгрузки в любом месте без опрокидывателя, недостатки — не-

обходимость выполнения ручных операций и значительный коэффициент тары вагонетки. Эти вагонетки широко применяют на рудниках с малой годовой производительностью, а также для транспортирования горной массы при строительстве подземных сооружений различного назначения.

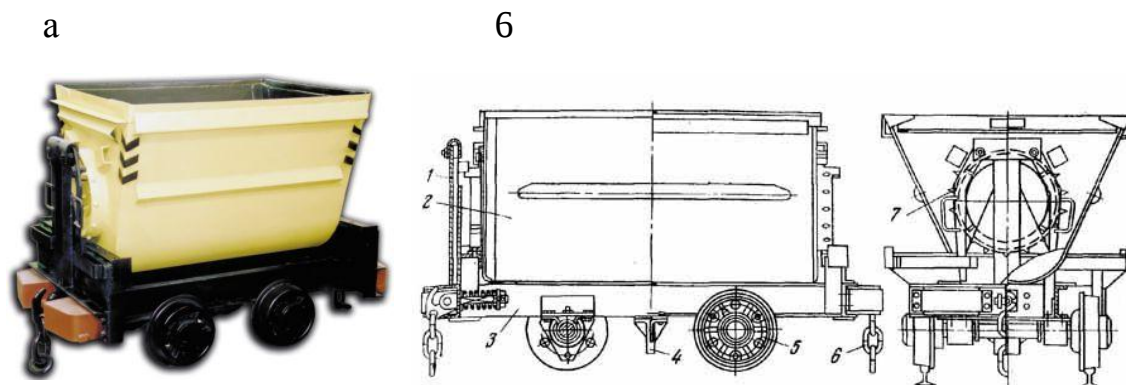


Рис.1.14. Вагонетка с опрокидным кузовом ВО-0,8:

а – внешний вид вагонетки; б – устройство вагонетки ВО: 1 - стойки рамы; 2 - кузов; 3 - рама; 4 - подвагонный упор; 5 - колесная пара; 6 - сцепка; 7 - поворотный сектор со штырями

Вагоны с донным конвейером изготовляют с кузовами объемом от 5 до 11 м³ и грузоподъемностью до 22 т. Они предназначены для откатки горной массы при проходке горных выработок и очистной выемки с торцовым выпуском руды.

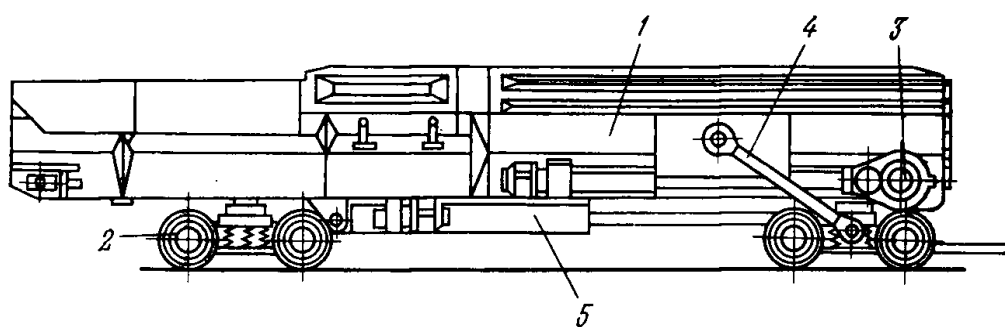


Рис.1.15. Проходческий бункер-вагон ВПК:

1 - кузов; 2 – двухостная тележка; 3 – пневмодвигатель; 4 – рычаг; 5 – подъемный гидроцилиндр

Вагоны типа ВПК, вместимостью 7; 9; 11 м³ [22], состоят из ходовых тележек, кузова, рычагов подъема кузова, донного скребкового конвейера, задних и передних створок, силового цилиндра со штоком для сближения тележек при подъеме кузова. Вагон несет маслостанцию с пневмодвигателем и гидронасосом, пульт управления, сцепное устройство и средства пылеподавления. Установленная мощность двигателей на вагоне 40 кВт. Такие вагоны могут работать в комплексе с погрузочными машинами и комбайнами. Распределение горной массы по длине кузова на полное сечение производится донным конвейером. Этот же конвейер служит для перегрузки горной массы из одного вагона в другой, при этом кузов первого вагона поднимается рычагами тележки и силовым цилиндром со штоком. В транспортном положении кузова всех вагонов опущены.

1.3.2. Вагонетки пассажирские и специального назначения

К шахтным вагонеткам вспомогательного транспорта относятся вагонетки для перевозки людей по горизонтальным и наклонным выработкам, лесных материалов, арочной крепи, кабеля и каната, секции секционного поезда для перевозки людей по горизонтальным выработкам и др.

Вагонетки типа ВЛГ предназначены для перевозки людей по горизонтальным откаточным выработкам. Вагонетка ВЛГ состоит из кузова с размещенными внутри него сиденьями, рамы, жестких подпружиненных сцепных устройств, ходовой части с подрессоренными скатами, стояночного тормоза, сигнального устройства обеспечивающего подачу сигнала машинисту локомотива с любого сиденья каждой вагонетки поезда. Дверные проемы кузова ограждены дверями.

Пассажирская вагонетка сопровождения ВПС, предназначенная для перевозки пассажиров, сопровождающих составы с грузом, материалами, оборудованием, ВВ, а также для внутрисменной перевозки людей. При включении вагонетки в грузовой состав она должна располагаться вслед за электровозом; при сопровождении состава с длинномерными материалами между вагонеткой сопровождения и первой платформой должна располагаться обычная грузовая вагонетка.

Вагонетки для комплектования противопожарного поезда. В состав противопожарного поезда входят вагонетки для: воды; ручных пенных огнетушителей; оборудования; песка или инертной пыли вместимостью 1 м³; перевозки команды и платформа с ручным пожарным насосом. Вагонетки противопожарного поезда: ВДВ емкостью 2-м³ для воды; ПОЗ — на колею 600, 750, 900 мм для оборудования; ВДИ — на колею 600 (750) и 900 мм для инструмента, огнетушителей и инертной пыли.

Для перевозки взрывчатых материалов используется вагонетка, изготовленная на базе стандартной. Кузов ее покрывают деревянной предохранительной обшивкой и окрашивают в желтый цвет с красной полосой, деревянные буфера обшивают резиновой лентой. На кузове вагонетки выполняют надпись «взрывчатые вещества».

Вагонетки для жидких материалов, изготовленные на базе стандартных глухих вагонеток на колею 600 и 900 мм, закрыты сверху металлической крышкой с отверстием, закрываемым пробкой.

Платформа ПАК предназначена для спуска в шахту арочной крепи любого типоразмера по вертикальным стволам и доставки крепи по наклонным (с углом 25°) и горизонтальным горным выработкам, оборудованным рельсовым путем,,

Шахтные путеремонтные поезда ПП600, ПП900 и ПГИ-2 предназначены для механизации работ по укладке, ремонту и текущему содержанию рельсовых путей колеи 600, 900 и 750 мм в горизонтальных откаточных выработках угольных шахт, опасных по газу или пыли. Путеремонтные поезда формируются из специальных балластноровочного и для инструмента вагонов, подъемно-рихтовочного агрегата, путевой машины. Питание механизмов поезда осуществляется от общешахтной сети переменного тока 380/660 В.

Тележка для доставки и намотки кабеля (каната) ТНДК предназначена для намотки и доставки кабеля и каната в шахту, прокладки кабеля и замены каната.

1.4. Рельсовый путь

1.4.1. Основные элементы строения рельсового пути

Шахтный, рельсовый путь состоит из нижнего и верхнего строений. К нижнему строению пути относятся почва выработки и водоотводные устройства. К основным элементам верхнего строения относятся балластный слой, шпалы, рельсы со скреплениями и противоугоны (рис. 1.16). К верхнему строению относятся также стрелочные переводы, съезды и брусья. [6]

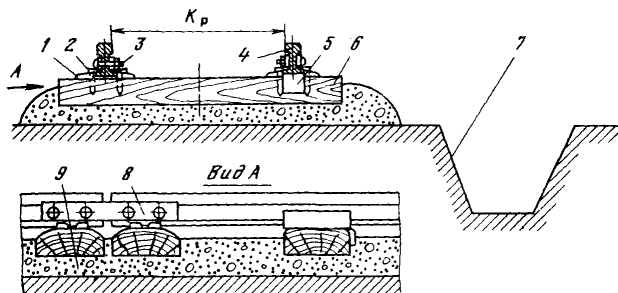


Рис. 1.16. Элементы рельсового пути:

1 — подкладки; 2 — костыль; 3 — болт; 4 — рельсы; 5 — противоугоны; 6 — шпалы; 7 — водоотводная канава; 8 — накладка; 9 — балласт

Назначение верхнего строения пути — воспринимать и передавать нагрузку от колес ходовой части подвижного состава на почву выработки, а также направлять движение колес ходовой части.

Назначение нижнего строения пути — воспринимать нагрузку от верхнего строения пути и обеспечивать устойчивое его положение в продольной, поперечной и вертикальной плоскостях, а также отводить воду от почвы выработки.

Ширина рельсовой колеи, определяемая расстоянием между внутренними гранями головок рельсов равна для шахт и рудников горной промышленности 600, 750 и 900 мм. При укладке или ремонте рельсового пути допускается расширение не более чем на 4 мм и сужение не более чем на 2 мм по сравнению с номинальной шириной рельсовой колеи.

При укладке рельсового пути рельсы между собой соединяются накладками и закрепляются болтами. Рельсы опираются на шпалы через подкладки, увеличивающие площадь опорной поверхности рельса. Применяют в основном клинчатые подкладки, которые придают рельсам уклон внутрь колеи (подуклон), равный конусности колес подвижного состава обеспечивая тем самым большую его устойчивость и меньший износ рельсов и колес.

Рельсы изготавливают из мартеновской или бессемеровской стали, с типовым рядом Р18, Р24, Р33, Р38, Р43, Р50 (цифра — масса 1 п.м. рельса, кг). Основными элементами рейса являются головка, подошва и шейка рельса. Нормативная длина рельса от 6...8 м.

При укладке временных рельсовых путей применяют рельсы Р18 и Р24, на постоянных рельсовых путях при использовании вагонеток до 2 м³ применяют рельсы Р24, для вагонеток большей вместимо-

сти рельсы Р33, а для большегрузных шахтных вагонов — рельсы тяжелых типов Р43 и Р50.

Шпалы для шахтных условий применяют деревянные, железобетонные и редко металлические. Деревянные шпалы по форме поперечного сечения разделяются на обрезные, у которых пропилены все стороны (марка А), и необрезные, у которых пропилены только две противоположные стороны (марка Б). В зависимости от размеров поперечного сечения установлено три типа деревянных шпал: I, II и III.

Длина шпал для колеи 600 мм должна составлять 1200 мм, для колеи 750 мм — 1500 мм, для колеи 900 мм — 1700 мм.

Шпалы изготавливаются из сосны, ели, пихты, лиственницы, кедра, бука, березы и других пород, имеющих аналогичные технические характеристики. Срок службы шпал, не пропитанных антисептиками, составляет 2—3 года. Для предохранения от гниения осуществляют глубокую пропитку шпал специальными антисептиками минерального происхождения (2—2,5 %-ный раствор фтористого натрия, 3—6 %-ный водный раствор хлористого цинка или креозотовое масло), при этом срок службы шпал, пропитанных антисептиками, увеличивается до 5—7 лет.

В последнее время в шахтном рельсовом транспорте все более широко применяют железобетонные шпалы и в особенности струнобетонные с предварительным натяжением арматуры. Преимуществами железобетонных шпал являются: значительно больший срок службы; увеличение сопротивляемости механическому износу, воздействию воздушно-влажной и гнилостной среды; повышенная устойчивость и прочность рельсового пути; сохранение постоянной ширины колеи в процессе эксплуатации.

С деревянными шпалами рельсы скрепляют костылями, забиваемыми в предварительно засверливаемые отверстия в шпалах. На постоянных рельсовых путях при больших скоростях движения и больших грузопотоках деревянные шпалы с рельсами скрепляют шурупами. С целью предотвращения продольного перемещения (угона) рельсов под действием сил, вызываемых взаимодействием пути и подвижного состава, на подошве рельса устанавливают клиновые или пружинные противоугоны.

Балластный слой предназначается для равномерного распределения давления от шпал на возможно большую площадь почвы выработки. В качестве балласта необходимо применять щебень или гальку из твердых каменных пород. Размеры частиц щебня допускаются в пределах 20—40 мм. Количество примесей пыли и глины не должно превышать 2 % от общей массы. Толщина балластного слоя под шпалой на всех рельсовых путях должна быть не менее 90 мм.

На горизонтальных и наклонных выработках при углах наклона менее 10° пространство между шпалами должны заполняться балластом на $2/3$ толщины шпалы. Просвет между балластом и подошвой рельса должен быть не менее 3 см.

Стрелочные переводы и съезды предназначены для перевода подвижного состава с одного рельсового пути на другой. Наибольшее распространение в горнорудной промышленности получили односторонние и симметричные стрелочные переводы и односторонние сокращенные съезды.

Стрелочный перевод (рис. 1.17) состоит из следующих основных частей: двух перьев, соединенных тягами, переходных рельсов, крестовины, рамных рельсов, контррельсов, переводного механизма.

Передний острый конец пера называется острием, а противоположный — корнем. Стрелочные перья между собой соединяются поперечными тягами в одну систему так, что когда одно перо с помощью переводного механизма прижато к рамному рельсу, второе отодвинуто на расстояние, достаточное для прохода реборды колеса.

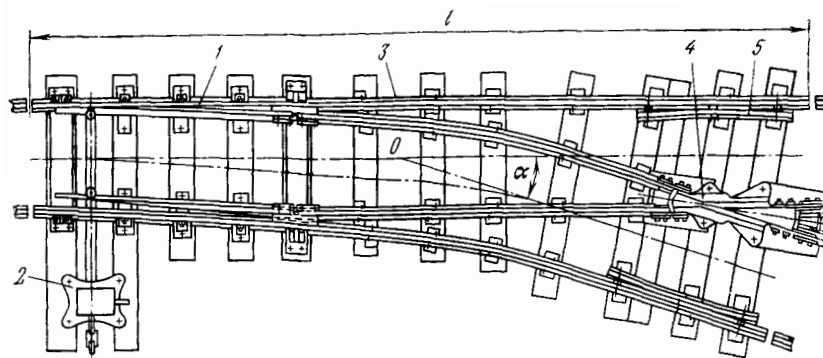


Рис. 1.17. Стрелочный перевод односторонний:

1 — подвижное перо; 2 — переводной механизм; 3 — рамные рельсы; 4 — крестовина; 5 — контррельсы

Переводной механизм может быть ручным или автоматическим. Автоматические переводные механизмы, применяемые для дистанционного управления из диспетчерского пункта или кабины машиниста движущегося электровоза, выполняются с электромагнитным или электромоторным приводом.

Крестовина состоит из сердечника и двух изогнутых рельсов — усювиков. Крестовины выполняются сварными или цельнолитыми. В горле крестовины нитка рельсов оказывается разорванной. Для направления колес против крестовины у наружных рельсов укладывают контррельсы.

Стрелочный перевод характеризуется углом между осями основного и бокового путей, или углом крестовины. Угол крестовины

задается обычно маркой крестовины: $M = 2 \operatorname{tg} (\alpha / 2) \approx \operatorname{tg} \alpha$. Для локомотивной откатки применяют крестовины марок 1/4 и 1/5.

Односторонние переводы условно обозначают ПО; переводы симметричные — ПС; съезды — С (рис. 1.18). В условное обозначение стрелочного перевода или съезда могут включаться также дополнительные буквы: М—модернизированные; Н—повышенной несущей способности, Ш— шахтные переводы и другие модификации. После букв располагается трехзначное число, в котором первая цифра обозначает ширину колеи в дм; вторая и третья — тип рельса; дробное число — марку крестовины. Для стрелочных переводов вводится число, означающее радиус переводной кривой в м, а для односторонних стрелочных переводов—буквы, означающие сторонность перевода: П — правые; Л — левые. Например ПО 933-1/5-20П.

Для съездов после марки крестовины ставится четырехзначное число, в котором первая и вторая цифры обозначают радиус переводных кривых, м, а следующие две — значение междупутья (расстояние между осями смежных путей), дм. Затем идут буквы, означающие сторонность съезда (П — правые, Л—левые). Например С 933-1/5-2016П.

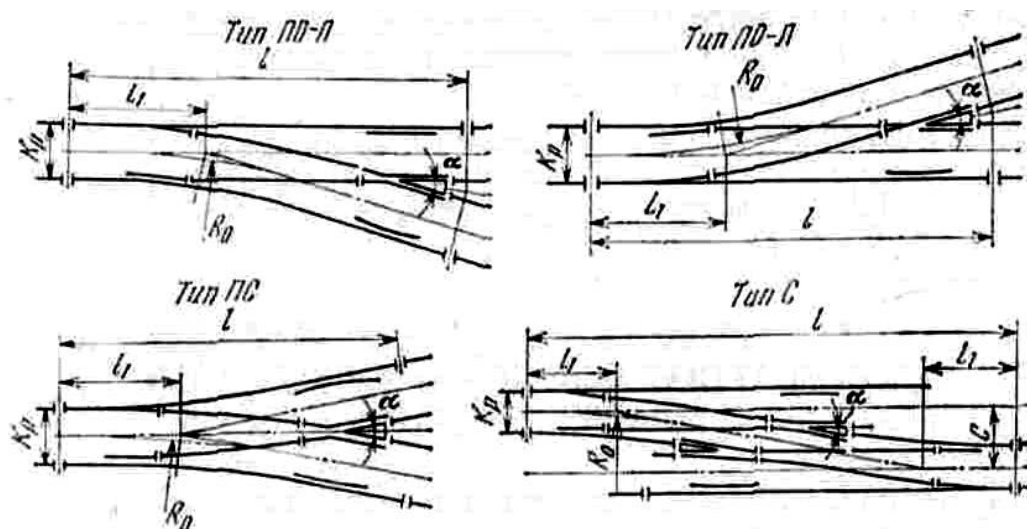


Рис. 1.18. Типы стрелочных съездов и переводов

1.4.2. Технология укладки рельсового пути

Рельсовые пути в зависимости от назначения и времени нахождения на одном месте разделяют на временные, укладываемые после уборки горной массы вслед за продвижением забоя (не далее 25 м от забоя). И постоянные, укладываемые взамен временных на длительный период эксплуатации.

Укладку постоянных путей производят в следующем порядке:

Вначале маркшейдер разбивает ось пути и устанавливает реперы на стенке выработки через каждые 10—15 м на высоте 1 м от уровня головки рельсов. Затем производят планировку почвы выработки, раскладывая шпалы перпендикулярно к оси выработки. Расстояние между осями шпал должно быть 700 мм, а расстояние от оси стыковой шпалы до стыка рельсов — 200 мм. В стыковых и предстыковых участках пути целесообразно уменьшать расстояние между осями шпал соответственно до 0,4 и 0,5 м. Концы шпал, обращенные к проходу для людей, располагают по шнуру.

Стык рельсов располагают между сближенными шпалами, что обеспечивает упругий прогиб стыкуемых рельсов и смягчение ударов. Для вагонеток грузоподъемностью до 1,2 т допускается укладка стыка рельсов на шпале. Рельсы, уложенные на подкладки с зазором между концами 3—4 мм, соединяют между собой накладками и скрепляют болтами.

Если по укладываемым рельсовым путям предусматривается откатка контактными электровозами, то для обеспечения электропроводимости рельсовых стыков и снижения величины блуждающих токов устанавливают электросоединители на каждом стыке рельсов, на стрелочных переводах и съездах и между отдельными рельсовыми путями в двухпутных выработках. В качестве электросоединителей при-

меняют отрезки медного провода сечением не менее 50 мм^2 или стальные прутки или полосы сечением не менее 150 мм^2 .

После соединения рельсов нить, расположенную ближе к шнуру, пришивают к шпалам костылями, затем по путевому шаблону пришивают вторую нить с допуском на уширение колеи 4 мм, а на сужение — до 2 мм. Перед забивкой костылей в деревянных шпалах засверливают отверстия диаметром на 4 мм меньше диаметра костыля.

После проведения рихтовки рельсового пути пространство между шпалами (шпальные ящики) засыпают балластом и поднимают путь домкратами до проектного уровня, подгребают под шпалы балласт и подбивают его подштопками и подбойками. Шпалы заглубляют в балласт на $2/3$ их высоты. Балласт разравнивают и устанавливают балластную призму, величина плеча которой при деревянных шпалах составляет 10 см, при железобетонных — 15 см.

После подбивки балласта производят окончательную рихтовку пути, которая заключается в передвижке рельсовых ниток до придания им строгой прямолинейности. Для проверки уклона пути используют ватерпас, расположения головок двух параллельных ниток рельсов на одном горизонтальном уровне — рейку с уровнем, ширины колеи — шаблон.

Необходимо различать ширину рельсовой колеи, т. е. расстояние между внутренними гранями головок рельсов (K_p), и ширину колесной колеи (K_k), или ширину колесной пары, т. е. расстояние между наружными рабочими кантами реборд. Рельсовую колею принимают на 10 мм больше колесной, чтобы не происходило зажима реборд колес между рельсами.

На криволинейных участках пути рельсовая колея расширяется дополнительно на 10—20 мм. Величина расширения зависит от радиуса кривой пути R и жесткой базы l_b — расстояния между осями колес вагона или электровоза. Чем больше l_b и чем меньше R , тем больше должна быть расширена колея. Расширение производится за счет отодвигания внутреннего рельса.

Для повышения устойчивости подвижного состава, стремящегося при движении по кривой опрокинуться под действием центробежной силы, и для уменьшения износа реборд колес о наружный рельс на всей длине криволинейного участка пути наружный рельс укладывают на 5—40 мм выше внутреннего рельса. Чем меньше радиус и выше скорость движения, тем больше дается возвышение.

Радиус закругления рельсового пути определяется в зависимости от жесткой базы подвижного состава и скорости движения. При скорости движения до 1,5 м/с радиус закругления должен быть не меньше 7-кратной жесткой базы, а при скорости движения более 1,5 м/с — не менее 10-кратной жесткой. Согласно ЕПБ для колеи 600 мм радиус закругления R принимают не менее 12 м, для 900 мм — не менее 20 м.

Для частичной передачи поперечных сил на оба рельса рельсы на криволинейных участках пути соединяются между собой тягами.

Для более надежного удержания подвижного состава от схода с рельсов на кривой внутри колеи рядом с внутренним рельсом (параллельно ему) укладывается контррельс, направляющий реборду внутреннего колеса.

1.5. Эксплуатация локомотивного транспорта

При работе на откаточном горизонте нескольких электровозов необходимо обеспечивать равномерную подачу ими груза к околоствольному двору и порожняка к забоям. Для этого составляют график движения всех электровозов (рис. 1.19) — план их согласованной работы во времени и пространстве, увязанной с работой околоствольного двора, выемочного участка и подъема.

График движения поездов строят в прямоугольных координатах для одной смены. По вертикальной оси откладывают длину пути, по горизонтальной — время. Наклонные линии обозначают движение, горизонтальные — стоянки.

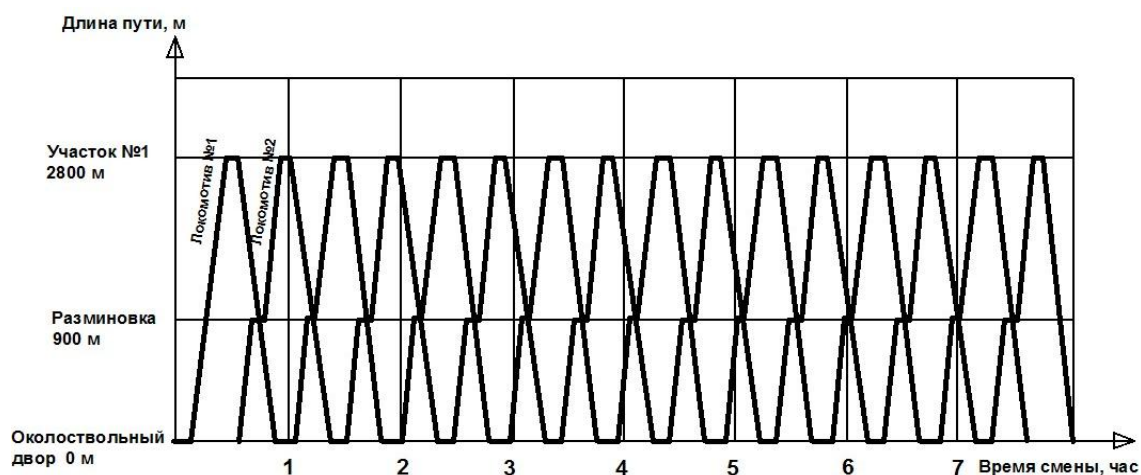


Рис.1 19.График организации движения поездов

Перед построением графика предварительно следует рассчитать число вагонов в поезде и число электровозов, определить скорость и продолжительность движения, длительность маневров в околоствольном дворе и на погрузочном пункте.

При расстоянии откатки более 1 км должна быть предусмотрена перевозка людей к месту работы и обратно. Для этого в графике дви-

жения в начале и в конце смены планируется необходимое число рейсов.

При движении по выработке трех и более электровозов целесообразно иметь двухпутную откатку. При работе в однопутной выработке двух электровозов необходимо устраивать разминовки.

При построении графика следует иметь в виду, что в околоствольном дворе одновременно не должно находиться более двух электровозов.

Контроль за движением электровозов по графику осуществляют подземные диспетчеры шахты. Они же ведут и учет вывезенных груженных и порожних вагонов.

В распоряжении диспетчера рудника имеется *система сигнализации, централизованного управления и блокировки* (СЦБ), при помощи которой машинисты электровозов держат связь с диспетчером.

Устройства сигнализации обеспечивают безопасность движения составов и подачу сигналов машинистам электровозов.

Устройства централизации производят дистанционное управление сигналами (светофорами) и стрелочными переводами.

Средства блокировки осуществляют контроль за нахождением поездов в выработках и положением стрелочных переводов.

В диспетчерской имеется пульт с мнемосхемой, на которой изображены все откаточные выработки, местонахождение поездов на них и состояние светофоров. Кроме того, диспетчер постоянно поддерживает с машинистами электровозов громкоговорящую связь.

Обеспечение безотказной и безопасной работы локомотивного транспорта во многом зависит от надежной работы электровозов, что,

в свою очередь, достигается организацией системы планово-предупредительных осмотров и ремонтов.

Кроме ежесменного осмотра электровоза, производимое машинистом при приеме его от машиниста, закончившего работу, необходимы также осмотры: один раз в сутки—дежурным электрослесарем; один раз в неделю—заведующим гаражом или механиком внутришахтного транспорта (ВШТ); один раз в квартал — начальником участка ВШТ.

Для всех электровозов устанавливается срок проведения капитальных ремонтов—36 мес эксплуатации (примерно 12000 ч работы). В период между капитальными ремонтами еженедельно производят ремонтные осмотры и один раз в 6 месяцев — текущие ремонты. Ремонтные осмотры в подземном гараже производит ремонтная бригада при участии заведующего гаражом или механика участка ВШТ.

1.6. Расчет локомотивной откатки

1.6.1. Выбор оборудования локомотивного транспорта

Основными факторами, влияющими на выбор типа и массы локомотива, а также типа и грузоподъемности откаточного сосуда являются: категория взрывобезопасности шахты, производственная мощность шахты (горизонта) и расстояние транспортирования.

Выбор локомотива по категории взрывобезопасности шахты, сводится к определению типа локомотива по уровню взрывозащиты, согласно действующих в горно-добывающей отрасли правил безопасности.

Производственная мощность шахты (горизонта) и расстояние транспортирования являются основными факторами, влияющими на

выбор массы локомотива, а также типа и грузоподъемности откаточного сосуда. Типоразмеры подвижного состава в зависимости от годовой производительности рудника (горизонта) регламентированы отраслевыми документами и должны соответствовать данным табл. 1.4. При этом вагонетки для откатки руды и породы, как правило, следует принимать одинакового типоразмера. При использовании большегрузных вагонеток (4,5 м³ и выше) допускается применять для откатки руды и породы на подготовительных работах вагонетки меньшей вместимости.

Таблица 1.4. *Области применения подвижного состава для рудников цветной металлургии*

Производственная мощность рудника, млн.т/год	Масса локомотива, т	Вместимость кузова вагонетки, м ³	
		типа ВГ	типа ВБ и ВО
до 0,2	5 – 7	1,0; 1,2	0,5; 0,8
0,2 - 0,5	7 – 10	1,2; 2,2	1,6
0,5 – 1,0	10	2,2	1,6; 2,5
1,0 – 3,0	14 - 16	4,5	4,0
3,0 и выше	20 - 28	4,5; 9,0; 11,0	-

1.6.2. Эксплуатационный расчет локомотивного транспорта

В общем виде расчет параметров электровозной откатки в зависимости от размера грузопотока, протяженности и назначения горной выработки сводится к определению величины состава поезда и числа вагонеток (секций) в составе; числа и производительности электровозов, числа аккумуляторных батарей и зарядных столов (при откатке аккумуляторными электровозами); параметров зарядной и тяговой подстанций (выбирается тип оборудования и определяется его мощность); параметров контактной сети (для контактных электровозов); расхода электроэнергии на электровозную откатку.

Исходными данными для проектирования являются: план и профиль пути всех откаточных выработок, включая околоствольный двор и места погрузки или составления поездов; число, производительность и местонахождение погрузочных пунктов; сменный грузопоток от добычных и подготовительных участков; способ организации откатки. При проектировании средний уклон откаточных путей принимают обычно равным $i=3 \dots 5 \text{ ‰}$, в сторону околоствольного двора.

Расчет массы состава, при закреплении электровозов за маршрутами и составами, следует вести для каждого маршрута отдельно.

Если электровозы не закреплены за маршрутами и составами, то в расчетах массы состава можно пользоваться средневзвешенными значениями уклона и длины откатки.

Средневзвешенное значение уклона $i_{св}$, находят по формуле

$$i_{св} = \frac{i_1 L_1 + i_2 L_2 + \dots + i_n L_n}{L_1 + L_2 + \dots + L_n}, \quad (1.1)$$

где i_1, i_2, i_n - спрямленный уклон каждого из маршрутов, ‰;

L_1, L_2, L_n - длина откатки каждого из маршрутов, м

Средневзвешенная длина откатки $L_{св}$, м, определяется из выражения

$$L_{св} = \frac{A_1 L_1 + A_2 L_2 + \dots + A_n L_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}, \quad (1.2)$$

где A_1, A_2, A_n - грузопоток на каждом из маршрутов, т/смену.

Сменная производительность откатки A , т/смену, принимается равной сумме всех грузопотоков

$$A = A_1 + A_2 + \dots + A_n. \quad (1.3)$$

Допустимую массу поезда G , т, определяют по условию трогания состава с места и по условию сцепления колес электровоза с рельсами при движении с установившейся скоростью, принимая наименьшее из полученных значений. Масса поезда G определяется через вес поезда

Q , с которым она связана соотношением $G=Q/g$ (где $g=9,81 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения).

В общем виде вес поезда Q , кН, по условию трогания состава с места вычисляется по формуле:

$$Q_{z(n)} = P \cdot g \cdot \left(\frac{1000 \cdot \psi}{\omega_{z(n)} + \omega_{кр} \pm i_c + 110 \cdot a_{\min}} - 1 \right), \quad (1.4)$$

где P – масса электровоза, т;

ψ – коэффициент сцепления колес с рельсами, принимается по табл. 1.5;

$\omega_{z(n)}$ – основное удельное сопротивление движению груженых (порожних) вагонеток, Н/кН, принимается по табл.1.6;

$\omega_{кр}$ – дополнительное удельное сопротивление вагонетки от движения в кривой, $\omega_{кр}=70/R$ (где R – радиус закругления) или принимается равным 1,5...2,5 Н/кН;

i_c – спрямленный откаточный уклон (знак «-» ставится при спуске, знак «+» ставится при подъеме), ‰;

$a_{\min}$ – минимальное ускорение поезда при трогании с места 0,03...0,05 м/с².

Таблица 1.5. Значения расчетных коэффициентов сцепления ψ при движении

Характеристика пути	Без подсыпки песка	С подсыпкой песка
Чистые сухие рельсы	0,17-0,18	0,18-0,24
Влажные практически чистые рельсы: на рудниках на угольных шахтах	0,12-0,17 0,09-0,13	0,17-0,20
Мокрые, покрытые грязью рельсы: на рудниках на угольных шахтах	0,09-0,12 0,07-0,08	0,12-0,16

Таблица 1.6. Значение удельного основного сопротивления движению шахтных вагонеток, Н/кН

Вместимость вагонетки, м ³	Груженных, ω_2			Порожних ω_n
	при плотности транспортируемого материала $\gamma, \text{т/м}^3$			
	1,6	1,8	2,5	
До 1,6	9	8	7	11
До 2,5	8	7	6	10
До 4,5	7	6	5	8
До 9,5	6	5	4	6

Допустимый вес поезда принимается по минимальным значениям, полученным по вышеприведенным формулам.

Число вагонеток в составе:

- порожнем $z_n = Q_{n \min} / (q_0 \cdot g)$; (1.5)

- груженом $z_r = Q_{r \min} / ((q + q_0)g)$, (1.6)

где $Q_{n \min}$, $Q_{r \min}$ – минимальное значение веса соответственно порожнего и груженого составов, кН;

q_0 – масса вагонетки, т;

q – масса груза $q = k_3 \cdot V \cdot \rho$, т;

k_3 – коэффициент заполнения вагонетки (для проектируемых шахт $k_3 = 1$);

V – вместимость вагонетки, м³;

ρ – плотность транспортируемого груза, т/м³.

Число вагонеток в груженом и порожнем составах принимают одинаковым, округляя z_n и z_r до ближайшего меньшего целого числа.

Предварительно выбранную массу поезда проверяют по условиям нагрева тяговых двигателей и обеспечению тормозного пути.

Критерием проверки массы поезда по нагреву тяговых двигателей является величина эффективного тока $I_{эф}$, А, значение которого, обес-

печивающее нормальную работу тяговых двигателей, не должно превышать значение длительного тока $I_{\text{дл}}$, А, т.е. $I_{\text{эф}} \leq I_{\text{дл}}$.

Длительный ток находится от величины часового тока $I_{\text{дл}} = (0,4-0,45) I_{\text{ч}}$, значение часового тока берется из технической характеристики электровоза или находится по электромеханической характеристике тягового электродвигателя от часовой скорости $v_{\text{ч}}$.

Средний эквивалентный (эффективный) ток $I_{\text{эф}}$, А, определяется по следующей формуле

$$I_{\text{эф}} = \alpha \sqrt{\frac{I_{\text{с}}^2 t_{\text{с}} + I_{\text{н}}^2 t_{\text{н}}}{T}}, \quad (1.7)$$

где α - коэффициент, учитывающий дополнительный нагрев двигателей при выполнении маневров (1,15...1,3 для контактных электровозов; 1,05...1,15 для аккумуляторных);

$I_{\text{с}}, I_{\text{н}}$ – токи двигателя соответственно при движении с груженым и порожним составами, А;

$t_{\text{с}}, t_{\text{н}}$ - время движения соответственно груженого и порожнего составов, мин: $t_{\text{с}} = 60L/v_{\text{с}}$ и $t_{\text{н}} = 60L/v_{\text{н}}$;

$v_{\text{с}}, v_{\text{н}}$ - скорости движения соответственно в грузовом и порожняковом направлениях, км/ч;

T – время рейса, мин.

Время рейса, мин, определяется по формуле

$$T = t_{\text{с}} + t_{\text{н}} + \theta_1 + \theta_2 + \theta_3, \quad (1.8)$$

где θ_1 – продолжительность нахождения электровоза (время маневров) в околоствольном дворе за цикл (15 мин - для вагонеток с глухим кузовом; 10 мин - с донной разгрузкой);

θ_2 – продолжительность нахождения электровоза в пункте погрузки (10 мин для вагонеток с глухим кузовом и донной разгрузкой);

θ_3 – продолжительность дополнительных остановок в местах пересечения транспортных магистралей, 5...10 мин.

Время загрузки состава при замене вагонеток локомотивом, мин

$$\theta_2 = t_{noz} \cdot z_r,$$

где t_{az} – время загрузки одной вагонетки, мин (табл. 1.7).

Таблица 1.7. *Продолжительность маневровых операций*

Вместимость кузова вагонетки, м ³	Время загрузки одной вагонетки под люком, мин	Время разгрузки в опрокидывателе, мин	
		одной вагонетки	двух вагонеток
0,7-0,8	1,0	0,5	0,67
1,2	1,25	0,5	0,67
2,2	1,5	0,58	0,75
4,5	2,0	0,67	0,83
9,5	3,0	0,83	-

Необходимые для расчета эффективного тока, значения токов двигателя с груженым и порожним составами $I_{г,}$, $I_{п,}$ определяют по электромеханическим характеристикам тяговых двигателей по силе тяги в грузовом и порожняковом направлениях $F_{г}$ и $F_{п,}$ приходящейся на один двигатель.

Таблица 1.8. *Величина длительного тока*

Тип электровоза	Часовой ток, А	Длительный ток, А	Тип двигателя
К4	50	22	ДТН12/7
7КРМ1	145	62	ДТН 33
К10	145	62	ДТН 33
К14М	204	85	ДТН 45
28КР2М	204	85	ДТН 45
А5,5	116	50	ДРТ 10
АРП7 (АРВ7)	116	50	ДРТ10
АМ8Д (2АМ8Д)	113	50	ДРТ13М
АРП10Г	113	50	ДРТ13М
АРП14	150	65	ДРТ23,5
2В8	150	65	ДРТ23,5

Скорости движения соответственно груженого и порожнего составов v_z, v_n , км/ч, определяют по электромеханическим характеристикам тяговых двигателей как $v=f(I)$.

Сила тяги в грузовом и порожняковом направлениях F_z и F_n , Н, локомотива определяется по формулам:

$$F_z = (Pg + Q_z)(\omega_z - i_c), \quad (1.9)$$

$$F_n = (Pg + Q_n)(\omega_n + i_c), \quad (1.10)$$

Если $I_{\text{эф}} > I_{\text{дл}}$, необходимо уменьшить число вагонеток в составе и произвести проверочный расчет.

Проверка массы поезда по условию обеспечения тормозного пути производится в зависимости от допустимой скорости движения $v_{\text{дон}}$, км/ч.

Допустимая скорость движения $v_{\text{дон}}$, км/ч, груженого состава на преобладающем уклоне определяется по формуле

$$v_{\text{дон} \cdot z(n)} = \sqrt{0,24 \cdot l_m (b_{m \cdot z(n)} + \omega_{z(n)} + \omega_{кр} \pm i_c)}, \quad (1.11)$$

где l_m – тормозной путь, по ПБ при перевозке грузов $l_m=40$ м, при перевозке людей $l_m=20$ м;

b_m – удельная тормозная сила, Н/кН.

Удельная тормозная сила b_m , Н/кН, определяется по формуле:

$$b_{m \cdot z(n)} = \frac{1000Pg\psi + B_m}{Pg + Q_{z(n)}}, \quad (1.12)$$

где B_m – дополнительная тормозная сила электромагнитных рельсовых тормозов (если они установлены) $B_m=1000P_m f_m$, Н;

где P_m – сила прижатия электромагнитных тормозов к рельсам (60 кН на 1 м ползьев), кН;

f_m – коэффициент трения колодки тормоза о рельс (0,15...0,24 по ДГИ).

Если скорость начала торможения больше допустимой скорости движения $v_{доп} < v_n$, то для движения состава принимают полученную допустимую скорость, устанавливая ограничительные знаки по маршруту движения.

Из полученных значений прицепного веса поезда по условиям трогания, сцепления колес электровоза с рельсами при равномерном движении, нагрева двигателя и торможения выбирают наименьшее значение.

При наличии разминок производят проверку числа вагонеток в составе по условию размещения длины состава на минимальной длине разминок горной выработки.

Расчет инвентарного числа электровозов в целом по шахте (горизонту) сводится к определению числа рабочих электровозов N_p , в зависимости от производительности погрузочного пункта и длины откатки по соответствующему маршруту и к суммированию полученных результатов. Если электровозы не закреплены за погрузочными пунктами, то суммируют дробные значения, которые затем округляют до целого числа.

Число рабочих электровозов на участке

$$N_p = n_n / n, \quad (1.13)$$

где n_n – полное число рейсов в смену, $n_n = n_z + n_l$;

n_z – число рейсов для вывоза груза;

n_l – число рейсов для перевозки людей;

n – число возможных рейсов одного электровоза в течение одной смены, $n = 60(T_{см} - 0,5) / T$;

$T_{см}$ – продолжительность смены, ч.

Число рейсов для вывоза груза определяют по формуле

$$n_z = \frac{k_n A}{zq}, \quad (1.14)$$

где k_n – коэффициент неравномерности выдачи груза (1,5 – при отсутствии аккумулярующих ёмкостей; 1,25 – при наличии аккумулярующих ёмкостей).

Инвентарное число электровозов

$$N_u = N_p + N_{рез}, \quad (1.15)$$

где N_p – число резервных электровозов, принимают: $N_{рез}=1$ при $N_p \leq 6$; $N_{рез}=2$ при $N_p = 7-12$; $N_{рез}=4$ при $N_p \geq 13$.

Расчет показателей производительности электровозной откатки сводится к определению средней сменной производительности одного рабочего и инвентарного электровоза.

Сменная производительность (т·км) одного рабочего локомотива

$$A_p = LA/N_p. \quad (1.16)$$

Сменная производительность (т·км) одного инвентарного локомотива

$$A_u = LA/N_u. \quad (1.17)$$

Необходимое число вагонеточного парка определяют путем рассстановки составов по рабочим местам, исходя из условий: на каждый рабочий электровоз принимается по одному составу, на каждый погрузочный пункт – по одному обменному (находящемуся под погрузкой) составу плюс число составов, предусмотренных в качестве аккумуляющей емкости.

1.6.3. Расчет параметров электроснабжения локомотивного транспорта

Проектирование электроснабжения электровозной откатки осуществляется по III категории бесперебойности снабжения электро-

энергией в соответствии с классификацией электрических установок, резервное питание не предусматривается.

Расчет параметров электроснабжения участка производится по различным методикам в зависимости от применяемого типа электроваза (контактный или аккумуляторный).

При откатке контактными электровозами расчет производят по следующей методике.

Мощность тяговой преобразовательной подстанции, кВт, рассчитывается по формуле:

$$P = \frac{k_{zp} \cdot U \cdot \sum_{i=1}^n N_i k_{oi} I_{cpi}}{1000}, \quad (1.18)$$

где k_{zp} – коэффициент одновременности работы групп электровозов $k_{zp}=0,8 \dots 0,9$ (при работе электровозов одного типа $k_{zp}=1$);

U – напряжение на шинах тяговой подстанции, В;

N_i – число однотипных по мощности электровозов;

k_{oi} – коэффициент одновременности работы электровозов в группе (при $N_i \leq 2$ $k_{oi}=1$, при $N_i \geq 3$ $k_{oi}=0,55+1/N_{pi}$);

I_{cpi} – средний ток электровоза, А.

$$I_{cpi} = \frac{n_{\partial\partial} (I_z t_z + I_n t_n)}{t_z + t_n} \text{ принимается равным длительному}$$

где $n_{\partial\partial}$ – число двигателей электровоза в зависимости от схемы включения тяговых двигателей ($n_{\partial\partial}=2$ при параллельном включении, $n_{\partial\partial}=1$ при последовательном)

Примечание: В основном в электровозах применяют электродвигатели постоянного тока с последовательным возбуждением – обеспечивающие автоматическое регулирование скорости, меньшую чувствительность к колебаниям напряжения. ($I=I_1+I_2$ и $U=U_1=U_2$ – па-

параллельное соединение). При трогании электровоза двигатели электрически соединяются последовательно, при равномерном ходе соединяются параллельно.

По расчетной общей мощности подстанции выбирают тип и число преобразовательных агрегатов, а также защитную и коммутационную аппаратуру, выпрямительные агрегаты.

Число агрегатов, устанавливаемых на тяговой подстанции определяют по формуле (округляя результат до большего целого числа):

$$N_a = \frac{P}{P_a} + 1 \quad (1.19)$$

где P_a – мощность одного преобразовательного агрегата (табл.1.9), кВт.

Таблица 1.9. *Технические характеристики тяговых агрегатов серии АТП*

Параметры	АТП-500/275М1-У5	АТП-500/600М-У5
Тип преобразовательного трансформатора	ТСП-160	ТСП-320
Напряжение питающей сети, В	6000	6000
Напряжение номинальное выпрямленного тока, В	275	600
Напряжение цепей управления (переменное), В	220	125
Номинальный выпрямленный ток, А	500	500
Номинальная мощность агрегата, кВт	137,5	300
Режим работы	Длительный	
Охлаждение вентиля	Воздушное принудительное	
Габаритные размеры:		
а) преобразовательной секции	1480×110×2200	
б) щита дистанционного управления	480×380×585	
Масса, кг:		
а) преобразовательной секции	600	600
б) щита дистанционного управления	25	25

Питание электроэнергией шахтных контактных тяговых сетей осуществляется от тяговых подстанций, преобразующих переменный ток в постоянный и распределяющих постоянный ток.

В оборудование тяговых преобразовательных подстанций входят: питающая трансформаторная подстанция, выпрямительный агрегат, аппаратура коммутации и защиты преобразовательных подстанций и тяговых сетей.

Принятая преобразовательная установка проверяется по перегрузочной способности:

$$k_n I_{cp} \leq k_{n,y} I_n$$

где $k_{n,y}$ - допустимый коэффициент перегрузки преобразовательной установки ($k_{n,y} = 2$);

k_n - коэффициент перегрузки преобразовательной установки.

Таблица 1.10. Коэффициент перегрузки преобразовательной установки

N_p	1	2	3	4	5	6 и более
k_n	1,6	1,5	1,4	1,3	1,25	1,2

Расчет параметров контактной сети при отсутствии подпитывающего фидера сводится к определению потери напряжения в отдельных элементах сети и по всей сети в зависимости от приведенного числа рабочих электровазов, находящихся на участке, при предварительно выбранных параметрах контактного провода и рельсов.

При большом грузопотоке среднее падение напряжения в тяговой сети не должно превышать $\Delta U_{\text{доп}} \% = 10-12 \% (30...36 \text{ В})$, при малом грузопотоке до $20 \% (50...60 \text{ В})$.

Среднее значение падения напряжения, В (при отсутствии подпитывающего фидера) определяется по формуле:

$$\Delta U_{cp} = 0,5 \cdot I_{cp} \cdot N_p (R_{cp} L_y + R_{n.o}) \leq \Delta U_{\text{доп.доп}} = \Delta U_{\text{доп}} \% \cdot U / 100$$

где R_{cp} – среднее сопротивление 1 км тяговой сети, Ом/км;

L_y – длина участка по одну сторону от тяговой подстанции, км;

$R_{n.o}$ – общее сопротивлении питающего и отсасывающего фидеров, Ом (для упрощенных расчетов величинной $R_{n.o}$ можно пренебречь);

U – напряжение на шинах тяговой подстанции, В.

Значение R_{cp} определяется по формуле , Ом/км:

$$R_{cp} = R_k + R_p, \quad (1.20)$$

где R_k – сопротивление 1 км контактной сети, Ом/км;

R_p – сопротивление 1 км рельсового пути, Ом/км.

Таблица 1.11. *Сопротивление 1 км контактной сети*

Сечение провода $S_{пр}$, мм ²	65	85	100	120	150
Удельное сопротивление R_k , Ом/км	0,272	0,2	0,177	0,147	0,114

Таблица 1.12. *Электрическое сопротивление 1 км рельсового пути с учетом стыковых соединений и износа рельсов*

Тип рельсов	P-24	P-33	P-38	P-43
Сопротивление пути, Ом/км:				
одноколейного	0,0665	0,0486	0,0441	0,0392
двухколейного	0,0337	0,0243	0,0221	0,0196

Расчет параметров контактной сети при наличии подпитывающего фидера заключается в выборе сечения подпитывающего кабеля при фактически принятой длине его от тяговой подстанции до места присоединения. При этом определяют также сечение контактного провода.

При наличии подпитывающего фидера среднее падения напряжения, В , вычисляется по формуле :

$$\Delta U_{cp} = 0,5 N_p I_{cp} \left[R_{cp} (L_y - L_n) + \frac{1000 L_n}{57 S_k} + R_{n.o} \right] \leq$$

$$\Delta U_{\text{доп.доп}} = \Delta U_{\text{доп}} \% \cdot U / 100,$$

где L_n – расстояние от тяговой подстанции до места присоединения подпитывающего фидера, км;

S_k – суммарное сечение подпитывающего кабеля и контактного провода, мм².

В качестве подпитывающих кабелей применяют бронированные кабели с медными жилами на напряжение до 1000 В. Эти кабели от тяговой подстанции до места присоединения подвешивают в верхнем углу выработки с таким расчетом, чтобы они не повреждались подвижным составом.

Таблица 1.13. *Характеристика одножильных бронированных кабелей U=1000 В постоянного тока*

Сечение жилы, мм ²	Допустимые длительные токовые нагрузки, А (при прокладке)		Строительная длина, м	
	в воздухе	в земле	min	max
50	245	360	300	450
70	305	440	300	450
95	360	520	250	400
120	415	595	250	400
150	470	675	200	350
185	525	755	200	350
240	610	880	200	350

В случае падения напряжения на участке больше допустимого (10...20%) следует прокладывать подпитывающий фидер от тяговой подстанции к контактной сети с присоединением через каждые 500 м, при этом контактная сеть секционируется выключателями.

Расход электроэнергии при откатке контактными электровозами на шинах переменного тока тяговой подстанции, кВт·час:

$$\text{за один рейс } W_{p.k} = \frac{\alpha_3 U I_{cp} t_p}{60 \cdot 1000 \eta_c \eta_n}, \quad (1.21)$$

где t_p – время рейса, мин.

$$\text{за смену } W_c = W_{p.k} \cdot n_p, \quad (1.22)$$

где α_3 – коэффициент учитывающий расход энергии во время маневров (для реостатных контактных электровозов $\alpha_3=1,15\dots1,4$; для тиристорных $\alpha_3=0,7\dots0,9$);

η_c – к.п.д. тяговой сети ($\eta_c=0,9\dots0,95$);

η_n – к.п.д. тяговой подстанции на полупроводниках ($\eta_n=0,9\dots0,95$).

Расход электроэнергии на шинах ЦПП, кВт·час:

$$W = \frac{W_c}{\eta_{c.n}}, \quad (1.23)$$

где $\eta_{c.n}$ – к.п.д. сети от тяговой подстанции до ЦПП, $\eta_{c.n} = 0,95$.

При откатке аккумуляторными электровозами расчет производят по следующей методике.

Определяется расход электроэнергии, необходимое число аккумуляторных батарей и зарядных устройств.

Расход электроэнергии на шинах переменного тока зарядного устройства, необходимый для выполнения 1-го рейса при откатке аккумуляторными электровозами, кВт·ч:

$$W_a = \frac{\alpha_3 U_{cp} I_{cp} t_p}{60 \cdot 1000 \eta_6 \eta_{з.у}}, \quad (1.24)$$

где U_{cp} – среднеразрядное напряжение батареи, В;

η_6 – общий энергетический к.п.д. батареи $\eta_6=0,47$;

$\eta_{з.у}$ – к.п.д. зарядного устройства $\eta_{з.у}=0,95$.

Расход электроэнергии на шинах ЦПП аккумуляторной откатки за смену, кВт·ч:

$$W_c = W_a \cdot n_p. \quad (1.25)$$

Таблица 1.14. Технические характеристики зарядных устройств

Параметры	Зарядные устройства				
	ЗУК 75/120	ЗУК 155/230М	УЗА 90/85	УЗА 150/120	УЗА 215/300
Выпрямленный ток, А	75	155	90	150	215
Выпрямленное напряжение, В	120	230	85	120	300
Напряжение сети питания, В	380/660±10%				
Коэфф. мощности	0,75...0,82	0,82...0,88	0,4...0,7	0,4...0,7	0,4...0,7
Номинальная мощность, кВт	9	36,6	7,5	18	65
Габаритные размеры, мм:					
длина	620	750	630	690	830
ширина	684	764	700	740	900
высота	1130	1172	1650	1420	1650
Масса, кг	235	430	380	580	995

Таблица 1.15. Тяговые аккумуляторные батареи для рудничных электровозов

Электровоз	Аккумуляторная батарея	Зарядный ток, А	Разрядный ток 5-часового режима, А	Продолжительность заряда, ч
4,5АРП2М	66ТНЖШ-350-У5	90	70	6
5АРВ2М	66ТНЖШ-300П-У5	75	60	6
АРП 7	90ТНЖШ-550У5 102ТНЖШ-550У5	155	110	6
АРВ 7	88ТНК-400-У5	100	80	6
АМ8Д	96ТНЖШ-500-У5 112ТНЖШ-500-У5	115	100	6
В8	106ТНК-400-У5	100	80	6
АРП 10	112ТНЖШ-550(500В)У5	155	110	6
АРП 14	161ТНКШ-550-У5	155	110	6
2В8	2×106ТНК-400-У5	100	80	6

Удельный расход электроэнергии, кВт·ч/(т·км):

$$w = \frac{W_c}{Q_{cm} \eta_{\delta} \eta_c L}, \quad (1.26)$$

где η_{δ} – к.п.д. аккумуляторной батареи $\eta_{\delta}=0,47$;

η_c – к.п.д. сети $\eta_c=0,95$.

Ёмкость аккумуляторной батареи, необходимая для работы электровоза в течении смены, А·ч

$$C = \frac{\alpha_{\varepsilon} I_{ср} n_p t_{ДВ}}{60}, \quad (1.27)$$

где n_p – количество рейсов совершаемых одним электровозом в смену.

Число зарядных устройств при индивидуальном способе заряда принимается равным числу зарядных столов. Число зарядных столов – числу рабочих электровозов плюс 2 стола (один – для ремонта, и одна – для обмена) при инвентарном числе электровозов до 10; плюс 4 стола при большем числе электровозов и плюс удвоенное число резервных электровозов.

Требуемое число батарей на электровоз в течении смены:

$$n_{\varepsilon, \delta} = \frac{C}{C_{\delta}}, \text{ округляют до большего}$$

Требуемое число рабочих батарей:

$$n_{p, \delta} = n_{\varepsilon, \delta} \cdot N_p.$$

Общее рабочее число батарей:

$$n_{\delta} = n_{p, \delta} + N_p.$$

Инвентарное число батарей:

$$n_{u, \delta} = n_{\delta} + 2N_{рез}.$$

Инвентарное число зарядных столов:

$$n_c = n_{и.б} - N_p + n_{рем}.$$

где $n_{рем}$ – дополнительное число зарядных столов для обмена и ремонта батарей (при $N_p=10$ - $n_{рем}=2$; при $N_p >10$ - $n_{рем}=4$).

1.6.4. Пример расчета электровозной откатки

Произвести эксплуатационный расчет откатки контактными электровозами по горизонту, с погрузочного пункта производительностью $Q=360$ т/смену (годовая производительность участка $A_{год}=280$ тыс. т/год) и расстоянием до околоствольного двора $L=720$ м. Уклон пути $i=3^0_{00}$, плотность руды в разрыхленном состоянии $\gamma=2,0$ т/м³, длительность смены $T_{см}=7$ ч.

По годовой производительности участка выбираем электровоз 7КР-М1 и вагонетки ВГ-2,2.

Вес поезда определяем по самым тяжелым условиям трогания состава с места:

- для порожнего состава на криволинейном подъёме

$$Q_n = P \cdot g \cdot \left(\frac{1000 \cdot \psi}{\omega_n + \omega_{кр} + i_c + 110 \cdot a_{\min}} - 1 \right),$$

$$Q_n = 7 \cdot 9,81 \cdot \left(\frac{1000 \cdot 0,15}{10 + 2 + 3 + 110 \cdot 0,04} - 1 \right) = 460 \text{ кН};$$

- для груженого состава на криволинейном спуске

$$Q_z = P \cdot g \cdot \left(\frac{1000 \cdot \psi}{\omega_z + \omega_{кр} - i_c + 110 \cdot a_{\min}} - 1 \right),$$

$$Q_z = 7 \cdot 9,81 \cdot \left(\frac{1000 \cdot 0,15}{7 + 2 - 3 + 110 \cdot 0,04} - 1 \right) = 920 \text{ кН}$$

Число вагонеток в составе:

- порожнем $z_n = Q_{n \min} / (q_0 g) = 460 / (1,45 \cdot 9,81) = 32;$

- груженом $z_{\Gamma} = Q_{\Gamma \min} / ((q + q_0)g) = 920 / ((4,4 + 1,45) \cdot 9,81) = 16$,
 где $q_0 = 1,45$ т – масса вагонетки берется по технической характеристике;

q – масса груза $q = k_3 \cdot V \cdot \varphi = 1 \cdot 2,2 \cdot 2,0 = 4,4$ т;

Принимаем число вагонеток в груженом и порожнем составах z_{Γ} и z_n равным 16, по количеству вагонеток в груженом составе.

Тогда вес поезда порожнего состава при 16 порожних вагонетках

$$Q_{n \min} = z_n (q_0 \cdot g) = 16 (1,45 \cdot 9,81) = 228 \text{ кН};$$

Сила тяги локомотива в грузовом и порожняковом направлениях:

$$F_z = (P \cdot g + Q_z) \cdot (\omega_z - i_c) = (7 \cdot 9,81 + 920) \cdot (7 - 3) = 3960 \text{ Н};$$

$$F_n = (P \cdot g + Q_n) \cdot (\omega_n + i_c) = (7 \cdot 9,81 + 228) \cdot (10 + 3) = 3860 \text{ Н}$$

По электромеханической характеристике тяговых двигателей находим по силе тяги F_z и F_n значения скорости движения и токов двигателей локомотива с груженым и порожним составами (при напряжении тяговой сети $U = 250 \text{ В}$):

- в грузовом направлении $I_{\text{эл.з}} = 68 \text{ А}$; $v_z = 12,0 \text{ км/ч}$, так как электрические схемы электровозов при установившемся движении включают двигатели параллельно (для обеспечения экономии энергии), ток проходящий через один двигатель локомотива $I_{\text{з}} = I_{\text{эл.з}} / n_{\text{дв}} = 68 / 2 = 34 \text{ А}$;

- в порожняковом направлении $I_{\text{эл.н}} = 66 \text{ А}$; $v_n = 12,5 \text{ км/ч}$; $I_n = I_{\text{эл.н}} / n_{\text{дв}} = 66 / 2 = 33 \text{ А}$.

Производим проверку массы поезда по величине тормозного пути

Удельная тормозная сила груженого состава

$$b_{m.z} = \frac{1000 \cdot P \cdot g \cdot \psi + B_{\text{м}}}{P \cdot g + Q_z} = \frac{1000 \cdot 7 \cdot 9,81 \cdot 0,15 + 0}{7 \cdot 9,81 + 920} = 10,4 \text{ Н / кН}$$

Допустимая скорость движения груженого состава на преобладающем уклоне

$$v_{\text{дон.г}} = \sqrt{0,24 l_m (b_{m.g} + \omega_g + \omega_{kp} - i_c)} = \sqrt{0,24 \cdot 40 \cdot (10,4 + 7 + 2 - 3)} = 12,5 \text{ км/ч.}$$

Так как $v_{\text{дон.г}} = 12,5 \text{ км/ч} > v_g = 12,0 \text{ км/ч}$, следовательно, скорость движения состава позволяет остановиться поезду на регламентированном ПБ тормозном пути в 40м, поэтому принимаем скорость движения состава $v_g = 12,0 \text{ км/ч}$.

Удельная тормозная сила порожнего состава

$$b_{m.n} = \frac{1000 \cdot P \cdot g \cdot \psi + B_m}{P \cdot g + Q_n} = \frac{1000 \cdot 7 \cdot 9,81 \cdot 0,15 + 0}{7 \cdot 9,81 + 228} = 34,5 \text{ Н / кН}$$

Допустимая скорость движения порожнего состава на преобладающем уклоне

$$v_{\text{дон.п}} = \sqrt{0,24 l_m (b_{m.n} + \omega_n + \omega_{kp} + i_c)} = \sqrt{0,24 \cdot 40 \cdot (34,5 + 10 + 2 + 3)} = 21,7 \text{ км/ч.}$$

Так как $v_{\text{дон.п}} = 21,7 \text{ км/ч} > v_n = 12,5 \text{ км/ч}$, следовательно, скорость движения состава позволяет остановиться поезду на регламентированном ПБ тормозном пути в 40м, поэтому принимаем скорость движения состава $v_n = 12,5 \text{ км/ч}$.

Время движения состава:

- в грузовом направлении $t_g = 60L/v_g = 60 \cdot 0,72 / 12,0 = 3,6 \approx 4,0 \text{ мин}$;
- в порожняковом направлении $t_n = 60L/v_n = 60 \cdot 0,72 / 12,5 = 3,6 \approx 4,0 \text{ мин}$.

Время рейса

$$T = t_g + t_n + \theta_1 + \theta_2 + \theta_3 = 4 + 4 + 15 + 18 + 5 = 46 \text{ мин.}$$

Время загрузки состава

$$\theta_2 = t_{\text{заг}} \cdot z_r = 1,5 \cdot 12 = 18 \text{ мин.}$$

Осуществляем проверку массы поезда по нагреву тяговых двигателей: часовой ток тягового двигателя ЭДР-25 электровоза 7КР-М1

находим по технической характеристике электровоза $I_q = 112,5$ А, длительный ток $I_{dl} = 0,45 \cdot I_q = 0,45 \cdot 112,5 = 50$ А, количество двигателей электровоза равно 2.

Средний эквивалентный (эффективный) ток

$$I_{\text{эф}} = \alpha \sqrt{\frac{I_z^2 t_z + I_n^2 t_n}{T}} = 1,2 \sqrt{\frac{34^2 \cdot 4 + 33^2 \cdot 4}{46}} = 13,7 \text{ А}.$$

Так как $I_{\text{эф}} = 13,7 \text{ А} < I_{dl} = 50 \text{ А}$, следовательно, тяговые двигатели не перегреваются.

По произведенным расчетам и проверке массы поезда по нагреву тяговых двигателей и величине тормозного пути принимаем:

- вес груженого состава при $z_r = 16$ $Q_r = 920$ кН;
- вес порожнего состава при $z_n = 16$ $Q_n = 228$ кН, при необходимости возможна перевозка $z_n = 32$ порожних вагонов.

Число рейсов для вывоза груза

$$n_z = \frac{k_H A}{zq} = \frac{1,25 \cdot 360}{16 \cdot 4,4} = 6,4 = 7 \text{ рейсов}$$

Полное число рейсов в смену с дополнительными 2 рейсами для перевозки вспомогательных грузов

$$n_n = n_z + n_{bc} = 7 + 2 = 9 \text{ рейсов}.$$

Число возможных рейсов одного электровоза в течение одной смены

$$n = 60(T_{cm} - 0,5) / T = 60 \cdot (7 - 0,5) / 46 = 8,4 = 8 \text{ рейсов}$$

Число рабочих электровозов на участке

$$N_p = n_n / n = 9 / 8 = 1,2 \approx 2.$$

При работе одного участка на горизонте инвентарное число электровозов

$$N_u = N_p + N_{рез} = 2 + 1 = 3.$$

Сменная производительность одного рабочего локомотива

$$A_p = LA/N_p = 0,72 \cdot 360 / 2 = 130 \text{ т} \cdot \text{км}.$$

Сменная производительность одного инвентарного локомотива

$$A_u = LA/N_u = 0,72 \cdot 360 / 3 = 86 \text{ т} \cdot \text{км}.$$

Контрольные вопросы

1. Назовите типы рудничных локомотивов и условия их применения.
2. Перечислите основные узлы устройства электровозов постоянного тока.
3. Расскажите о назначении и типах грузовых вагонеток и области их применения.
4. Перечислите основные узлы устройства грузовых вагонеток.
5. Расскажите об устройстве и элементах рельсового пути.
6. Назовите последовательность укладки рельсового пути в горных выработках.
7. Какие требования предъявляются к системе блокировки и сигнализации.
8. Что понимают под организацией движения составов.
9. Что называют сцепным весом, жесткой базой и шириной колеи локомотива.
10. Расскажите порядок расчета параметров электровозной откатки.
11. В чем заключается расчет электроснабжения контактных и аккумуляторных электровозов.
12. Перечислите основные электрические величины шахтных аккумуляторных батарей.
13. Расскажите о видах ремонта шахтных локомотивов.

Рекомендуемая литература

1. Галкин В.И. Транспортные машины / В.И. Галкин, Е.Е. Шешко. - Москва: МГГУ, 2009. – 588 с.
2. Груздев И.Н. Рудничный транспорт и механизация вспомогательных работ / И.Н. Груздев, П.А. Завгородний, В.К. Колояров. - Москва: МГГУ, 2009. – 534 с.
3. Донченко А.С. Справочник механика рудной шахты. В 2 кн. Кн. 1./ А.С. Донченко, В.А. Донченко, А.А. Соснин. - Москва: Недра, 1991. – 367 с.
4. Медведев В.В. Практикум к дисциплине «Внутришахтный транспорт»: учебное пособие / В.В. Медведев.- Чита: ЧитГТУ, 2000. - 60 с.
5. Подземный транспорт шахт и рудников: справочник / под общей ред. Г.Я. Пейсаковича, И.П. Ремезова. – Москва: Недра, 1985. – 565 с.
6. Сафронов Г.Н. Машинист шахтного электровоза: учебник / Г.Н. Сафронов. – Москва: Недра, 1991. – 351 с.

2. Самоходные транспортные машины

2.1. Общие сведения о самоходных транспортных машинах

Самоходные транспортные машины - используют для доставки горной массы от забоев к рудоспускам и откаточным штрекам или к блоковым конвейерным штрекам в пределах выемочного участка от погрузочной машины до рудоспуска; от забоев до ствола или на поверхность. Кроме того, самоходные транспортные машины все более широко применяют в качестве машин вспомогательного назначения для доставки различных грузов и перевозки людей.

На подземных горных работах применяются следующие типы самоходных транспортных машин:

1. ковшовые погрузочно-транспортные машины;
2. ковшово-бункерные погрузочно-транспортные машины;
3. автосамосвалы и самосвальные автопоезда;
4. шахтные самоходные вагоны.

Самоходные транспортные машины оснащаются дизельным, электрическим и пневматическим приводом.

Самоходные погрузочно-транспортные машины (ПТМ) все более широко применяют на горных предприятиях стран СНГ, а на зарубежных рудниках они практически являются основным средством внутри-шахтного транспорта. Наличие дизельного привода и пневмоколесного хода обеспечивают высокую маневренность, а наличие ковша — возможность разгрузки руды в любом месте и погрузки ее в другие транспортные средства. Эти машины могут выполнять также ряд вспомогательных работ (зачистку почвы камер, строительство и ремонт дорог, доставку материалов и т. д.). Самоходные машины с ди-

зельным приводом широко применяют при доставке горной массы непосредственно из забоев на короткие расстояния (50...400 м). Радиус действия ПТМ с электрическим приводом ограничен длиной кабеля (для отечественных конструкций 200 м). Радиус действия ПТМ с пневматическим приводом ограничен длиной шланга и составляет 50...100 м.

Подземные автосамосвалы по сравнению с погрузочно-транспортными машинами имеют значительно более высокую (в 5...10 раз) грузоподъемность, лучшие значения коэффициента тары и соотношения между массой полезно перевозимого груза и мощностью двигателя. Скорость движения автосамосвалов в 2...4 раза выше ПТМ, поэтому они более экономичны. Однако для загрузки их требуется самостоятельный погрузчик: погрузочная машина с нагребными лапами, экскаватор, ковшовый колесный погрузчик, вибропитатель. Ориентировочной областью эффективного применения автосамосвалов следует считать транспортирование горной массы из очистных и подготовительных рудных забоев на расстояние от 400 м до 3 км, оптимальная длина транспортирования 700 м.

Шахтные самоходные вагоны с донным скребковым конвейером и электрическим приводом, питающимся по гибкому кабелю, который наматывается на кабельный барабан, применяются, в основном, на калийных рудниках для доставки руды из камеры от комбайнового комплекса до блокового конвейерного штрека. Такие вагоны применяют также на угольных и сланцевых шахтах. Радиус действия самоходных вагонов ограничен длиной кабеля (для отечественных конструкций 200 м).

По сравнению с автосамосвалами самоходные вагоны имеют значительно меньшую скорость движения, более сложную конструк-

цию кузова, меньшую маневренность и большее время разгрузки. Производительность самоходных вагонов при одинаковой емкости кузова и дальности транспортирования значительно ниже производительности автосамосвалов.

Самоходные машины вспомогательного назначения с дизельным приводом применяют для доставки грузов, зарядки шпуров и скважин, доставки ВВ и перевозки людей, выпускают подземные заправщики, самоходные торкрет-установки. Для рудных шахт вагоны вспомогательного назначения созданы на базе самоходного универсального шасси с дизельным приводом, который может эксплуатироваться в шахтах, не опасных по газу и пыли.

Преимущества самоходных транспортных машин: высокая производительность и маневренность; способность передвигаться по выработкам, искривленным в плане, а также преодолевать значительные подъемы до $15...18^\circ$ (рабочие уклоны до 12°); эффективное транспортирование при отработке залежей со сложной гипсометрией почвы, возможность работы на подэтажах с выездом по автотранспортному уклону, а при благоприятных горно-геологических условиях — транспортирование основного грузопотока по наклонному стволу или штольне на обогатительную фабрику, расположенную на промышленной площадке рудника; возможность транспортирования насыпных грузов крупностью $0,6...0,8$ м; возможность совмещения одним транспортным средством откатки горной массы из забоя и доставки в забой материалов и оборудования.

Недостатки самоходных транспортных машин: высокая стоимость и конструктивная сложность; трудоемкость обслуживания (большое число рабочих на подземном транспорте); большой расход автопокрышек; ограниченный радиус действия для

машин, получающих питание по гибкому кабелю и пневмошлангу; значительный расход свежего воздуха на вентиляцию.

Отмеченные преимущества в значительной, степени превалируют над недостатками и способствуют расширению области радио-нального использования самоходных транспортных машин на предприятиях горнодобывающей промышленности.

При работе в комплексе с другими видами самоходного оборудования (бурильные установки и другие самоходные машины) обеспечивают концентрацию транспортной техники в ограниченном числе выработок и проведение подготовительно-доставочных выработок в пределах рудного тела с учетом особенностей его залегания.

Применение самоходного оборудования в подземных рудниках позволяет повысить скорость проведения горных выработок и производительность труда проходчиков. На отечественных рудниках самоходными комплексами добывается около 50 % руд цветных металлов.

На зарубежных рудниках самоходное погрузочно-доставочное оборудование является основным средством механизации выпуска, погрузки и доставки руды практически при всех системах разработки.

2.2. Ковшовые погрузочно-транспортные машины

Погрузочно-доставочные машины состоят из следующих элементов: шарнирно сочлененной несущей рамы; пневмоколесного механизма передвижения со всеми ведущими мостами; дизельного двигателя с системой нейтрализации отработавших газов или электрического двигателя с кабельным, кабельно-троллейным, аккумуляторным или троллейно-аккумуляторным питанием; системы управления, обеспечивающей движение машины вперед или назад без разворота (по челноковой схеме).

Погрузочно-транспортные машины по конструктивному исполнению разделяют на два типа:

1. с совмещенным погрузочно-транспортным ковшом (тип ПД), с грузоподъемностью ковша 2...12 т;
2. с ковшом и транспортным кузовом (тип ПТ), с грузоподъемностью кузова 4...6 т.

Ковшовые погрузочно-транспортные машины имеют высокую маневренность и способны преодолевать уклоны до 18° , захватывать и транспортировать скальную абразивную горную массу с коэффициентом крепости до 18 и крупностью отдельных кусков до 800 мм. Для работы предусмотрены основной и сменный ковши: основной рассчитан на погрузку горной массы плотностью в разрыхленном состоянии 2 т/м^3 , сменный предназначен для меньшей или большей плотности.

Ковшовые погрузочно-транспортные машины представляют собой ковшовый погрузчик нижнего черпания на пневмошинном шасси, с дизельным или электрическим приводом. Выпускают машины МПДД (МПДЭ)-1, МПДД (МПДЭ)-2, МПДД (МПДЭ)-3, МПДД (МПДЭ)-4, ООО «Машзавод Дарасун» [21]; ПД-2Э ОАО «ППГХО»; ПД-2Г ОАО «Нипигормаш» [16]; ПД-5А ЗАО «УГМК-Рудгормаш» [20] (рис.2.1) и ПД-8В ПАО «Донецкгормаш» [15].



Рис. 2.1. Ковшовая погрузочно-транспортная машина ПД-5А

ПАО «Донецк Гормаш» выпускает погрузочно-транспортную машину с совмещенным погрузочно-транспортным ковшом ПД- 8В (рис 2.2). Грузоподъемность 8,5 т, вместимость ковша 4,1 м³, дизельный двигатель ЯМЗ-238КМ2 или F10L 413 FW "Дойтц" . Конструктивная схема шасси — шарнирно-сочлененная рама, состоящая из двух полурам: передней и задней. На передней полураме монтируется рабочий орган машины, а на задней — силовая установка, система управления и кабина водителя. Полурамы соединены между собой вертикальным шарниром, и они могут поворачиваться в горизонтальной плоскости в обе стороны относительно друг друга. Такое исполнение шасси обеспечивает прохождение машин по закруглениям с малыми радиусами.

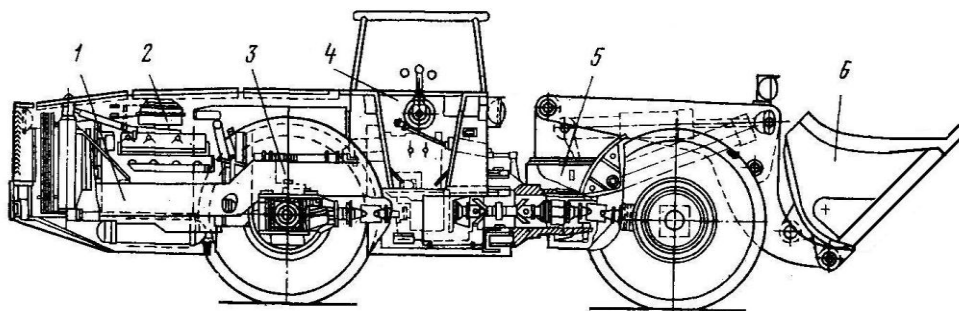


Рис. 2.2. Погрузочно-транспортная машина ПД-8В ПАО «Донецкгормаш»:

1 — задняя полурама; 2 — дизельный привод; 3 — ходовая часть; 4 — кабина водителя; 5 — передняя полурама; 6 — ковш

Машина собрана на шарнирно-сочлененной раме. Изменение направления движения машины производится поворотом полурам вокруг центрального вертикального шарнира с помощью двух гидроцилиндров. Благодаря высокой мобильности машина эффективно работает в стесненных условиях, выработках сечением не менее 4,2х3,0 м².

Четырехколесное шасси имеет два ведущих моста. Передний полумост жестко закреплен на передней полураме и обеспечивает не-

обходимую в процессе черпания жесткую связь между колесами моста при одинаковой частоте их вращения. Задний мост благодаря балансирующему креплению к полураме силовой установки обеспечивает за счет качания на $10\text{—}12^\circ$ контакт всем колесам с почвой выработки. Поворот полурам относительно друг друга осуществляется гидроцилиндром механизма поворота.

Колеса ведущих мостов вращаются дизельным двигателем через гидромеханическую коробку передач, установленную на задней полураме. Двигатель с гидромеханической коробкой передач соединяется согласующим редуктором и карданным валом.

Кабина - открытого или закрытого типа, надежно защищена прочной крышей. Дизельный двигатель - малотоксичного исполнения, система выхлопа оснащена каталитическим и жидкостным нейтрализаторами отработавших газов, что значительно снижает концентрацию токсичных примесей в рудничной атмосфере.

Рабочий орган машины, размещенный на передней полураме, представляет собой ковш с шарнирно-рычажным механизмом, состоящим из стрелы, тяги и рычага. Привод рабочего органа — гидравлический, от гидронасосов, установленных на задней полураме. Он содержит два гидроцилиндра подъема - опускания стрелы и два гидроцилиндра опрокидывания ковша.

ПТМ выпускаются фирмами: Atlas Copco – марки ST, грузоподъемностью 3,6...15 т, с емкостью ковша $1,9\text{...}7,5\text{ м}^3$; Bumar (Польша) – марки LK, грузоподъемностью 3,2...16 т и $V_k = 1,6\text{...}7,0\text{ м}^3$; Caterpillar SARP (США) – марки R, грузоподъемностью 3,8...20 т и $V_k = 3,1\text{...}15,2\text{ м}^3$; Hermann paus maschinenfabric CmbH – марки PFL, грузоподъемностью 1,5...5,5 т и $V_k = 0,8\text{...}2,5\text{ м}^3$; Sandvic Mining – марки LH, LS и Toro, грузоподъемностью 1...21 т и $V_k =$

0,54...8,0 м³. Mining technologies international INC (Канада) – LT, грузоподъемностью 0,7...16,3 т и $V_k = 0,5...8,4$ м³.

Дизельные погрузчики фирм Sandvik и Atlas Copco [23, 24] (рис. 2.3) оснащены эффективными малотоксичными дизельными двигателями. Имеют мощное усилие внедрения, вырывную силу и чувствительность элементов управления, машины быстро и эффективно наполняют ковш, обеспечивая при этом безопасность и комфорт оператора.



Рис.2.3. Дизельные погрузочно-доставочные машины:

а – марки LS190 компании Sandvik, ; б - марки ST3,5 компании Atlas Copco



Рис.2.4. Электрический погрузчик Scooptram EST2D компании Atlas Copco

Электрические ПДМ марки МПДЭ-1, МПДЭ-2, МПДЭ-3, МПДЭ-4 ООО «Машзавод Дарасун» [21]; ПД-1Э, ПД-2Э ОАО «ППГ-ХО», компании Sandvik и Atlas Copco [23, 24] (рис. 2.4) имеют низкий уровень шума и не выбрасывают выхлопные газы, благодаря чему безопасны для окружающей среды и снижают затраты на вентиляцию шахт. Погрузчики имеют мощное усилие внедрения и вырывную си-

лу, эргономичный дизайн элементов управления и высокую скорость передвижения. На ПТМ с электроприводом установлены двигатели переменного или постоянного тока, гидромеханическая трансмиссия, кабельный барабан канатоёмкостью до 240 м, которая определяет радиус действия машины.

Погрузочно-транспортные машины с ковшем и кузовом (типа ПТ), оснащенные пневмоприводом, применяют при проходке выработок и на очистных работах при длине транспортирования 30...100 м. В России выпускаются один типоразмер этих машин – ПТ-4 (МПДН-1). Привод машины – пневматический с питанием по шлангу.

Машины ПТ представляют собой погрузчик с ковшовым исполнительным органом нижнего черпания, (обеспечивающим заднюю разгрузку ковша) и транспортным кузовом на пневмошинном шасси, с пневматическим или реже с дизельным приводом.

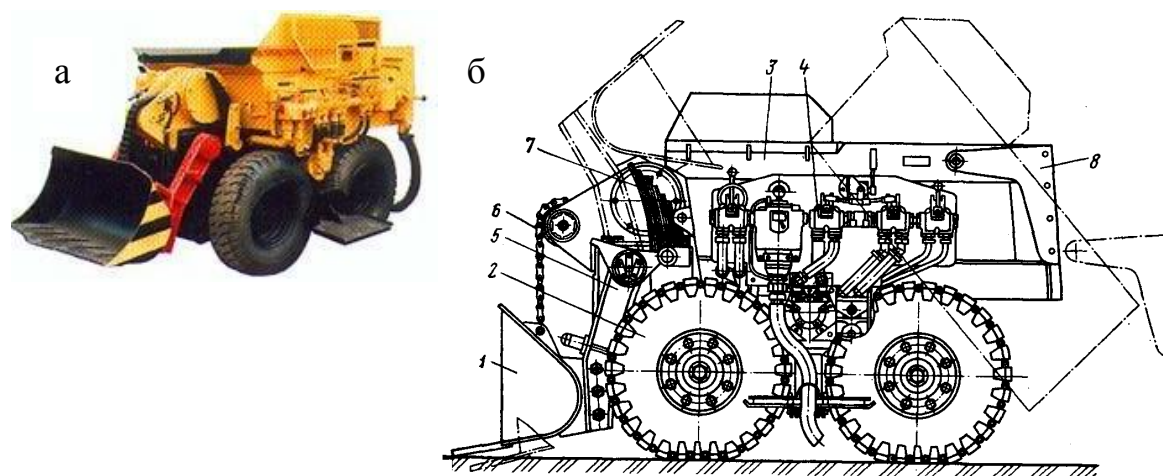


Рис 2.5. Погрузочно-транспортная машина ПТ-4 ЗАО «УГМК Рудгормаш»:

а – внешний вид; б – устройство ПТ-4: 1 – погрузочный ковш; 2 – механизм передвижения; 3 – кузов; 4 – система управления; 5 – шарнирная рукоять; 6 – пластинчатая цепь; 7 – рессоры; 8 – задний борт

Погрузочно-транспортная машина ПТ-4 «УГМК Рудгормаш» [20] (рис. 2.5) предназначена для механизации погрузки разрыхленной

горной массы кусковатостью не более 400 мм и доставки ее к месту разгрузки на расстояние до 100 м при проходке горизонтальных выработок и камер сечением 2,8×2,5 м и более. Разгрузка горной массы может производиться как в рудоспуски, так и на почву выработки.

В машине ПТ-4 ковш, закрепленный на шарнирной рукояти, поднимается пластинчатой цепью от лебедки с планетарным редуктором и пневматическим двигателем. Кузов машины разгружается опрокидыванием назад от пневмоцилиндра, при этом одновременно откидывается задний борт кузова. Для амортизации ударов рукояти при разгрузке ковша в кузов в передней части машины установлены отбойные рессоры.

Все колеса в машинах этого типа являются ведущими. Остановку машины производят отключением пневмодвигателей, а торможение – противовключением. Разворот машины осуществляют за счет вращения колес каждого борта в разные стороны. Управление машиной осуществляется посредством регулирования подачи сжатого воздуха к исполнительным механизмам.

Из-за низкого КПД пневмопривода, наличия шланга питания пневмопривода, низкой маневренности машины, небольшой длины транспортирования и высоких эксплуатационных расходов погрузочно-транспортные машины этого типа не получили широкого распространения в горной промышленности.

2.3. Подземные автосамосвалы

Автосамосвалы с дизельным или электрическим двигателем и опрокидным кузовом широко применяются для доставки горной массы по подземным горным выработкам рудников горнорудной промышленности.

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

Выпускаются модели автосамосвалов МоАЗ-7405-9586 грузоподъемностью 22 т, МоАЗ-7508 - 35 т, МоАЗ-74840 - 40 т (Могилевский автомобильный завод, филиал ОАО "БелАЗ") [14].

Подземные автосамосвалы выпускаются фирмами: Atlas Copco – марки MT, грузоподъемностью 20...60 т ; Caterpillar SARL – марки AD, 30...55 т ; Hermann paus maschinenfabric CmbY – марки PMKT и PSWF, 15...25 т; Sandvic Mining – марки TH, EJC или TORO, 15,4...80 т; Mining technologies international INC. (Канада) - DT, 6,3...31.8 т.

Колесная формула автосамосвалов МоАЗ (Могилевский автомобильный завод, Республика Беларусь) – 4×2 . Первая цифра указывает общее число колес, вторая – число приводных колес. Дизельный двигатель снабжен каталитической и жидкостной системами очистки отработавших газов. Гидромеханическая трансмиссия выполнена с автоматической блокировкой гидротрансформатора, т.е. при заблокированном гидротрансформаторе передача работает как обычная механическая. Автоматическое включение блокировки осуществляется в зависимости от частоты вращения коленчатого вала двигателя при изменении дорожных условий. Гидромеханическая реверсивная коробка передач обеспечивает четыре скорости движения вперед и четыре – назад, что позволяет использовать автосамосвал при движении по челноковой схеме.

Конструктивная схема автосамосвалов типа МоАЗ (рис. 2.6) — шарнирно-сочлененная рама, обеспечивающая высокую маневрен-

ность. Автосамосвал состоит из одноосного тягача и соединенного с ним шарнирной системой полуприцепа с самосвальной разгрузкой назад, осуществляемой гидроцилиндрами.

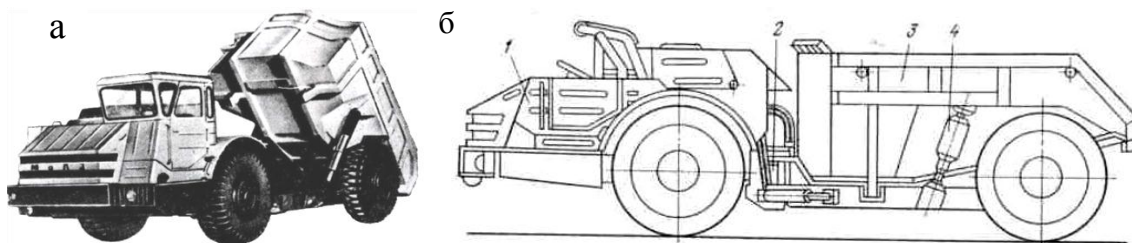


Рис. 2.6. Автосамосвал МоАЗ-7401-9586 (Могилевский автомобильный завод, филиал ОАО "БелАЗ"):

а – внешний вид; б – устройство МоАЗ-7401: 1 - одноосный тягач; 2 - шарнирная система; 3 - полуприцеп; 4 - гидроцилиндры

Наиболее современная конструкция автосамосвала – модель ТОРО-40 фирмы «Sandvic» (Финляндия) [24] рис 2.7 с колесной формулой 4×4 . В нем использован 12-цилиндровый дизельный двигатель с турбонагнетателем и промежуточным охлаждением. Гидромеханическая трансмиссия с блокировкой гидротрансформатора и полностью закрытые многодисковые тормоза мокрого трения с электрическим замедлителем обеспечивают высокую безопасность эксплуатации автосамосвала



Рис.2.7. Подземный автосамосвал Toro 40, грузоподъемностью 40т компании Sandvik Mining <http://mc.sandvik.com>

Подземные самосвалы серии МТ фирмы Atlas Copco (рис.2.7) [23] - это мощные, прочные, эргономичные, безопасные, маневренные, высоконадежные и рентабельные автосамосвалы, приспособленные к работе в сложных условиях ограниченного пространства. Все модели имеют грузоподъемность от 20 до 60 тонн и разработаны таким образом, что могут свободно перемещаться на высокой скорости при полной загрузке кузова на длинных участках с уклоном до 20%.



Рис.2.7. Подземный автосамосвал МТ5020, грузоподъемностью 50т компании Atlas Copco

За рубежом разработаны и эксплуатируются дизель-троллейвозы и троллейно-аккумуляторные автосамосвалы. Дизель-троллейвозы снабжены дизельным и электрическими приводами. При движении по выработкам автосамосвал перемещается с помощью электропривода, питаемого от троллея, подвешенного к кровле выработки или к забою, а перемещение на короткие расстояния осуществляется с помощью дизельного двигателя.

Фирма «Кируна Трак» (Швеция) разработала троллейно-аккумуляторный подземный автосамосвал грузоподъемностью 50 т.

При движении в забое в местах погрузки-разгрузки автосамосвал отключается от троллея, после чего электроэнергия автоматически подается от аккумулятора к тяговым электродвигателям, встроен-

ным во все колеса машины. Аккумулятор емкостью 158 А·ч, состоящий из 14 батарей, расположен на раме машины в отсеке между передними колесами. От энергии аккумулятора автосамосвал с грузом 50 т может перемещаться по горизонтальной выработке длиной до 100 м, а в аварийных ситуациях до 2 км.

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

Загрузка самосвала может производиться экскаватором с ковшем вместимостью до 2 м³ при условии высыпания руды в кузов с высоты не более 0,5 м над верхней кромкой бокового борта и массе кусков не более 0,5 т или погрузочной машиной непрерывного действия.

2.4. Шахтные самоходные вагоны

Шахтные самоходные вагоны применяются, в основном, на калийных рудниках, сланцевых и угольных шахтах. По конструкции самоходные вагоны выпускают с донным скребковым конвейером и электрическим питающимся по гибкому кабелю и вагоны с опрокидным кузовом и пневматическим приводом, питаемым по шлангу.

ЗАО «УГМК Рудгормаш» серийно выпускается вагоны *шахтные самоходные с электрическим приводом* грузоподъемность 15...30 т: 5BC15M, 10BC15 и BC30. [20]

Самоходный вагон 10BC15 (рис.2.8) с электроприводом состоит из самоходного шасси со всеми ведущими и управляемыми колесами, трехскоростного электропривода бортовых колес из двух электродви-

гателей, кузова с донным скребковым конвейером, электропривода конвейера и системы управления. Максимальная скорость движения вагона 9 км/ч, грузоподъёмность 15 т, максимально преодолеваемый уклон 15°, вместимость кабельного барабана 200м. Передний мост - балансирный, задний крепится к раме болтами. Бункер-кузов проходит через всю длину вагона от заднего борта до разгрузочного торца и конструктивно делит вагон на две самостоятельные части. Такое устройство позволяет вагону двигаться без разворота в шахтных выработках, челноком, всегда задним бортом к загрузочному устройству.



Рис.2.8. Вагон шахтный самоходный 10BC15

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

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

Самоходные пневмоколесные вагоны могут работать в комплексе с проходческими комбайнами, погрузочными машинами, бункера-

ми-перегрузжателями и другими средствами загрузки. Разгрузка вагона может осуществляться в приемные бункера, гезенки, скаты, на конвейеры или в рельсовые вагонетки. Если приемные сосуды (вагонетки, бункера) возвышаются над уровнем почвы не более чем 1200—1400 мм, то самоходные вагоны производят перегрузку горной массы при помощи подъема кузова или его передней части.

Низкопрофильные электрические самоходные вагоны TC790 (рис. 2.9) компании Sandvik [24] предназначены для работы совместно с высокопроизводительными проходческими комбайнами избирательного действия. Имея низкий профиль, хорошую эргономику и легкость управления, (машина управляется одной рукой с помощью "джойстика") эти углевозы безопасны, комфортны и надежны. Их задачей является простое, быстрое и эффективное выполнение операций по загрузке, транспортировке и разгрузке породы. Данные машины оснащены частотно-регулируемым электроприводом, бесступенчатой трансмиссией, полноприводным рулевым управлением, обладают очень коротким радиусом поворота, грузоподъемностью 18 тонн и высокой скоростью разгрузки. Они быстры, маневренны и высокопроизводительны. Загрузка производится скребковым конвейером,



Рис.2.9. Электрический самоходный вагон компании Sandvic TC790

В угольных шахтах до настоящего времени применялись вагоны с опрокидным кузовом и пневматическим приводом, питаемым по шлангу для доставки горной массы по горизонтальным выработкам при ведении горных работ, которые не получили распространение по причине ограничения радиуса действия длиной шланга до 80...100 м, а также невысокой грузоподъемности и маневренности.

Самоходный вагон ВС-5П1 представляет собой транспортное средство типа самосвал с боковым двусторонним опрокидыванием кузова. Вагон состоит из ходовой части, кузова, кабины водителя, панели управления, пневмо-и гидрокоммуникаций и телескопического цилиндра. Грузоподъемностью вагона 5 т, вместимость кузова 1,6 м³, максимальная скорость движения 6,5 км/час.

2.5. Вспомогательные транспортные машины

Самоходные средства вспомогательного транспорта по конструктивному исполнению и назначению можно разделить на четыре группы:

- 1) промышленные автомобили, тягачи и тракторы, оборудованные системами очистки отработавших газов и приспособленные для работы в подземных условиях шахт, не опасных по газу и пыли;
- 2) специализированные машины, приспособленные для перевозки одного типа грузов;
- 3) комбинированные машины, оборудованные механизмами для выполнения такелажных, транспортных и других работ;
- 4) дорожно-строительные машины.

К первой группе относится оборудование на базе автомобилей и тракторов, модернизированное силами ремонтных мастерских рудных шахт; ко второй – специализированные машины для перевозки

людей к местам работы, длинномерных материалов; к третьей – машины для погрузочно-разгрузочных и транспортных работ, оборудованные кранами, грузовыми платформами, лебедками; к четвертой – легкие бульдозеры и другое оборудование, используемое при строительстве подземных дорог.

Наиболее универсальными и перспективными являются специализированные самоходные машины на базе унифицированного шасси, на котором смонтированы установки различного назначения.

ЗАО «УГМК Рудгормаш» выпускает самоходные машины для доставки материалов и оборудования 1ВОМА, УКР(г) и машину для перевозки людей УКР(л). [20]

Самоходная машина 1ВОМА состоит из тягача и полуприцепа, соединенных между собой двойным шарниром, обеспечивающим относительное смещение тягача и полуприцепа в горизонтальной плоскости на угол до 120° с минимальным радиусом поворота по наружному габариту 6 м, преодолеваемый уклон 16° , максимальная скорость движения 25 км/час. В кузове машины установлен кран грузоподъемностью 1 т.

2.6. Эксплуатация самоходного транспорта

2.6.1. Параметры горных выработок

На предприятиях, применяющих самоходное оборудование, все выработки в зависимости от их назначения, интенсивности и скорости движения в них машин подразделяются на транспортные, погрузочно-доставочные, доставочные и вспомогательные.

Сечение горной выработки по параметру транспорта при использовании самоходного оборудования определяется шириной выработки B и ее высотой H . Ширина выработки у почвы определяется

суммой ширины проезжей части A , регламентируемой ЕПБ ширины пешеходной дорожки (тротуара) и минимального расстояния между краем проезжей части и стенкой (крепью) выработки. [5]

Машины должны передвигаться по выработкам со скоростью, обеспечивающей безопасность людей и оборудования, но не более 20 км/ч. При разминовке машин в выработке скорости их должны быть снижены до 10 км/час. На прямолинейных участках горизонтальной выработки длиной более 500 м максимальная скорость грузовых и порожних машин для перевозки людей может быть увеличена до 40 км/час с разрешения главного инженера шахты.

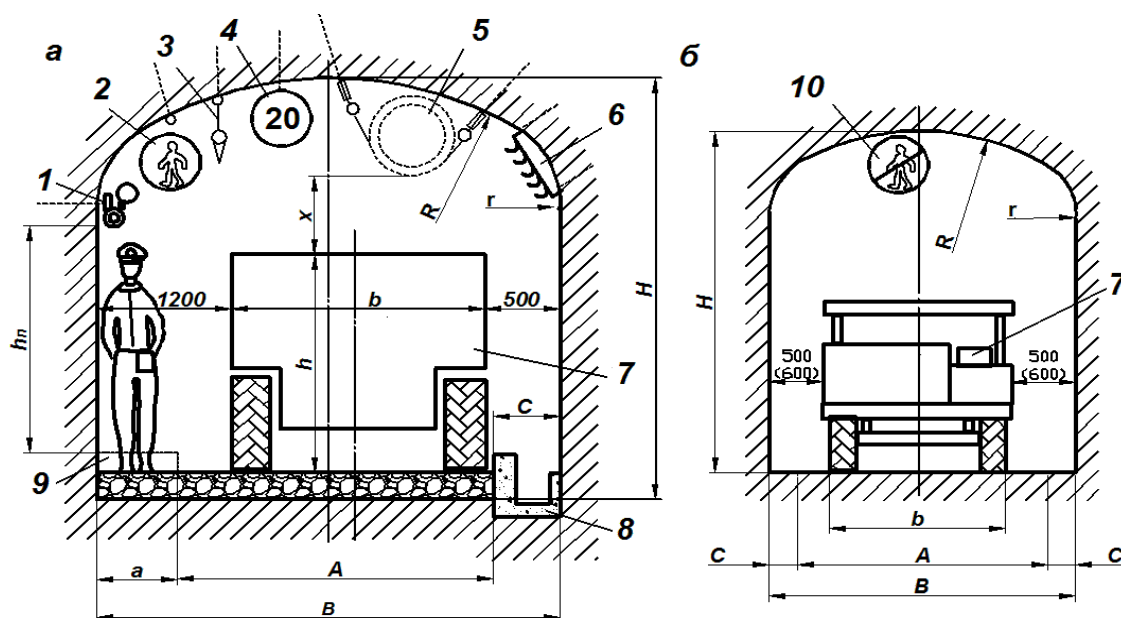


Рис.2.10. Поперечное сечение выработок для самоходного оборудования

а – транспортных; б – погрузочно-доставочных и доставочных; 1 – магистрали сжатого воздуха и воды; 2 – знак пешеходной дорожки; 3 – подвеска светильников; 4 – знак ограничения скорости (20 км/ч); 5 – вентиляционная труба; 6 – крепление кабелей; 7 – самоходная машина; 8 – водоотливная канавка; 9 – пешеходный трап; 10 – знак, запрещающий движение людей

Зазоры между наиболее выступающей частью транспортного средства и стенкой (крепью) выработки или размещенным в выработ-

ке оборудованием должны приниматься в зависимости от назначения выработок и скорости передвижения машины [5]:

а) в выработках, предназначенных для транспортирования руды и сообщения с очистными забоями, должны приниматься зазоры не менее 1,2 м со стороны прохода для людей и 0,5 м с противоположной стороны. При устройстве пешеходной дорожки высотой 0,3 м и шириной 0,8 м или при устройстве ниш через 25 м зазор со стороны свободного прохода для людей может быть уменьшен до 1 м. Ниши должны устраиваться высотой 1,8 м, шириной 1,2 м, глубиной 0,7 м.

б) в погрузочно-доставочных выработках очистных блоков, предназначенных для погрузки руды и доставки её к транспортной выработке, в выработках, находящихся в проходке, при скорости движения машин, не превышающих 10 км/ч, и при исключении возможности нахождения в таких выработках людей, не связанных с работой машин, должны приниматься зазоры не менее 500 мм с каждой стороны;

в) в доставочных выработках (наклонные съезды), предназначенных для доставки в очистные блоки оборудования, материалов и людей (в машинах), при скоростях движения свыше 10 км/ч: по 600 мм с каждой стороны при исключении случаев передвижения людей пешком; 1200 мм со стороны прохода для людей и 500 мм с другой стороны, если передвижение людей пешком не исключается.

Во всех случаях высота выработки над свободным проходом для людей должна составлять не менее 1,8 м по всей её протяженности.

В начале выработок, по которым при движении самоходных транспортных средств проход людей не предусмотрен, должны быть вывешены освещенные запрещающие знаки.

В выработках калийных и соляных рудников, проведенных комбайнами, допускается уменьшение зазоров с обеих сторон до 0,3м при условии устройства ниш с одной стороны через каждые 25м по длине выработки глубиной 0,7м, шириной 1,2м и высотой 1,8м.

Расстояние от наиболее выступающей части машины до кровли выработки должно быть не менее 0,5м.

2.6.2. Устройство дорожного покрытия

Существенное влияние на эффективность эксплуатации шахтных самоходных машин оказывают: состояние проезжей части, которое в значительной степени предопределяет скорость движения машин и, следовательно, их производительность; износ шин; расход топлива; затраты на ремонт и т. п.

Толщина и тип покрытия определяются в зависимости от интенсивности движения, грузоподъемности самоходных транспортных машин и характера горных пород в почве выработки (табл. 2.1).

Таблица 2.1. *Характеристика дорожного покрытия при эксплуатации самоходного оборудования*

Класс выработки	Тип машин	Покрытие	Масса машины, т	Интенсивность движения (число машин в 1 час)	Скорость движения, км/ч
I - транспортные	Автосамосвалы по стволу	асфальтобетонное	20...40	40...60	20...40
	Автосамосвалы по выработкам	асфальтобетонное	20...40	20...40	15...20
II – погрузочно-доставочные	Автосамосвалы	щебеночное или скальное с планировкой	20...40	10...20	15...20
	ПТМ	щебеночное или скальное с планировкой	10...30	15...20	8...15

Класс выра- ботки	Тип машин	Покрытие	Масса машины, т	Интенсив- ность дви- жения (число машин в 1 час)	Скорость движе- ния, км/ч
III - подэтаж- ные	ПТМ, буро- вые и вспомо- гательные маши- ны	скальное с плани- ровкой	10...20	периодиче- ски	3...12
IV - вспомо- гатель- ные	Вспомога- тельные машины	щебеночное с пропиткой или скальное с плани- ровкой	10...20	периодиче- ски	15....30

Для искусственного покрытия проезжей части используются бетон, битумоцемент, щебень, дробленая порода или руда и другие аналогичные материалы (Табл. 2.2). Тип дорожного покрытия - без покрытия (скальное с планировкой), щебеночное с пропиткой, бетонное, асфальтовое и асфальтобетонное.

Таблица 2.2. *Рекомендованные типы дорожного покрытия транспортных выработок в зависимости от назначения и грузопотока, для эксплуатации транспортных машин общей массой до 40 т и скорости движения до 30—40 км/час.*

Тип покры- тия	Интен- сивность движения (число машин в 1 час)	Основание	Покрытие	Толщина по- верхностной пропитки би- тумно- цементным вяжущим, мм
тип I	до 10	Щебень крупностью 20-70 мм, толщина слоя 200 мм	Щебень крупностью 10-20 мм, толщина слоя 100 мм	30
тип II	10...40	Щебень крупностью 20-70 мм, толщина слоя 200 мм	Щебень крупностью 10-20 мм, толщина слоя 100 мм	60
тип III	41...80	Щебень крупностью 20-70 мм, толщина слоя 200 мм	Щебень крупностью 10-20 мм, толщина слоя 100 мм	100

Для погрузочно-доставочных и вспомогательных выработок (при грузоподъемности машин 10...15 т и скорости движения до 12...15 км/ч) может быть рекомендовано щебеночное покрытие толщиной 130...150 мм из дробленой породы крупностью 16 мм. Для буровых подэтажных выработок искусственного покрытия не требуется, нужны лишь планировка и подсыпка мелкой щебенкой. Срок службы покрытий зависит от их типа и качества исполнения. Асфальтобетонное покрытие служит без ремонта при интенсивном движении около 5 лет, щебеночное - не более 3 лет. Капитальный ремонт покрытия требуется соответственно через 12-15 лет и 6-9 лет. При выборе тип покрытия следует увязывать со сроком службы выработки.

Угол наклона транспортных выработок: горизонтальные 1...4 град (17...70‰); транспортные уклоны 6...12 град (105...213‰); заезды на подэтажи 12...15 град (213...268‰).

В транспортных однополосных выработках, предназначенных для движения машин с одинаковой шириной колеи или отличающейся не более 0,5 м, водоотводные канавки рекомендуется размещать по оси дорожного полотна, а в остальных случаях — сбоку, чтобы можно было применять машины для их чистки. Поперечный уклон дорожного полотна в сторону водоотводной канавки обычно принимают 30‰.

2.6.3. Ремонт самоходного транспортного оборудования

Техническое состояние и бесперебойная работа самоходных транспортных машин во многом зависят от организации системы планово-предупредительных осмотров и ремонтов. Сведения о проведенных видах технического обслуживания должны регистрироваться в соответствующих журналах, где также указывают сроки и объемы последующих ремонтов.

Первое техническое обслуживание ТО-1 машин с дизельным приводом производят через каждые 50 час работы машины.

Второе техническое обслуживание ТО-2 производят через каждые 250 час работы.

Техническое обслуживание машины заключается в ежесменном осмотре, который производит водитель при приемке ее от водителя предыдущей смены, а также плановых периодических осмотров и ремонтов.

Для шахтных самоходных машин установлено два вида ремонта: текущий и капитальный. Эти ремонты различаются характером и объемом работ по восстановлению изношенных или вышедших из строя узлов и деталей машин, а также местом проведения ремонта. Частота проведения ремонтов указывается в инструкции по эксплуатации, прилагаемой к каждой машине.

Капитальный ремонт машины обычно планируется через 1200...2500 ч работы. В результате этого ремонта полностью восстанавливаются работоспособность машины и ее внешний вид. Капитальный ремонт производится в центральных ремонтных электромеханических мастерских или на рудоремонтном заводе. Все остальные ремонтные работы выполняются силами шахты или рудника.

Текущий ремонт должен проводиться в гараже или на местах стоянки. Этот вид ремонта предназначается для восстановления работоспособности машины или отдельных ее механизмов. Кроме этого, проводятся все работы, входящие в периодические осмотры: регулировка наладка, проверка зазоров, заправка и замена смазок и реагентов. При текущем ремонте производится частичная разборка отдельных узлов и замена изношенных или вышедших из строя деталей новыми или отремонтированными. Ремонт проводится бригадой элект-

рослесарей по ремонту оборудования под наблюдением сменного мастера или механика. длительность текущего ремонта не должна превышать 1,5...2 сут.

2.7. Расчет транспортирования горной массы самоходными транспортными машинами

2.7.1. Тяговый расчет самоходных машин

Основой выбора типа машины для заданных горно-геологических условий является проведение расчета по тяговым и эксплуатационным показателям и определение скорости движения, времени рейса и необходимого количества машин на забой.

Тяговый расчет основан на нахождении необходимой силы тяги по условию движения транспортной машины, проверки ее по силе тяги сцепления колес с почвой и величине тормозного пути.

Необходимая сила тяги транспортной машины находится из уравнения ее движения, Н

$$F = g (Q + G) (\omega_o + \omega_{кр} \pm i + 108a) + F_{\epsilon}, \quad (2.1)$$

где G – масса машины, т;

Q – масса груза, т

$$Q = k_3 V \gamma,$$

где k_3 – коэффициент загрузки по объему ковша - 0,75, кузова - 0,95;

V – вместимость кузова самоходной вагонетки, автосамосвала, бункера ПТМ или ковша ПДМ, м³;

γ – насыпная плотность груза, т/м³;

ω_o – основное удельное сопротивление движению Н/кН;

для забойных дорог с незащищенной почвой $\omega_o = 150 \dots 180$ Н/кН;

для дорог без покрытия с зачисткой почвы $\omega_o = 80 \dots 100$ Н/кН;

для щебеночных дорог с битумной пропиткой $\omega_o=40$ Н/кН;

для дорог с бетонным покрытием $\omega_o=25$ Н/кН;

$\omega_{кр}$ – дополнительное сопротивление при движении на кривых,
 $\omega_{кр}=(0,05\dots0,08) \omega_o$;

i – продольный уклон выработки, ‰, допустимый максимальный уклон для самоходных пневмоколесных машин по транспортным выработкам $i=100\dots110$ ‰, по съезду до 80 ‰;

F_e – сила сопротивления воздушной среды (учитывается при скорости движения более 12 км/ч), Н

$$F_e = 1,5 g \rho \Omega (v/3,6)^2,$$

где ρ – аэродинамический коэффициент обтекаемости, $\rho = 0,08\dots0,1$;

Ω – площадь лобового сопротивления машины, м²;

v – скорость движения машины км/ч;

a – ускорение трогания, $a=0,4\dots0,5$ м/с.

Скорость движения машины в зависимости от силы тяги находится по динамической характеристике машины.

При отсутствии динамических характеристик скорости движения самоходных машин по подземным выработкам можно принимать следующие:

- транспортные выработки - при асфальтобетонном покрытии скорость движения с грузом 15...25 км/ч, без груза 20 ...30 км/ч; при плохом состоянии дорог скорость соответственно составляет 4...8 км/ч и 5..12 км/ч;
- погрузочно-транспортные выработки - скорость движения по спланированному основанию с подсыпкой щебенкой не превышает 12...15 км/ч, по неровной скальной почве 6...8 км/ч.

Сила тяги самоходной машины по условию сцепления колес с дорогой, Н:

$$F_{cy} = 1000 \psi P_{cy}, \quad (2.2)$$

где ψ - коэффициент сцепления колес с дорогой;

для неукатанных дорог без покрытия $\psi=0,45$;

для укатанных дорог без покрытия $\psi=0,55$;

для дорог с щебеночным покрытием $\psi=0,7 \dots 0,75$;

для дорог с бетонным и асфальтовым покрытием $\psi=0,7$;

P_{cy} – сцепной вес машины, кН;

$P_{cy} = G_n$ - для машин со всеми приводными колесами;

$P_{cy} = 0,7 G_n$ - для машин с одним приводным мостом;

где G_n - полный вес машины, кН (для груженой машины $G_n = (Q+G)g$, для порожней машины $G_n = G g$), Н.

Силу тяги по условию движения проверяют по силе тяги по сцеплению колес с почвой, из условия $F \leq F_{cy}$.

Тормозной путь самоходной транспортной машины, м

$$L = \frac{3,85 \nu_n^2 (1 + k_u)}{1000 \psi + \omega_o \pm i} + \frac{\nu_n t_p}{3,6}, \quad (2.3)$$

где ν_n - скорость перед началом торможения, км/ч;

k_u – коэффициент использования ($k_u = 1$ - для автосамосвалов и ПТМ, $k_u = 0,6$ - для самоходных вагонов);

t_p – время реакции водителя, 0,7 ... 1,0 с.

Длина тормозного пути самоходных транспортных машин на пневмоходу не должна превышать 20 м.

2.7.2. Эксплуатационный расчет транспортирования груза самоходными машинами

Эксплуатационный расчет транспортирования груза самоходными транспортными машинами заключается в определении эксплуа-

тационной производительности транспортной машины, продолжительности рейса, числа рейсов машины за смену и числа рабочих машин.

Эксплуатационная производительность погрузочно-транспортной машины, т/смену

$$Q_э = \frac{60Vk_3(T_{см} - t_{пер})\gamma}{t_p}, \quad (2.4)$$

где V – вместимость грузонесущего органа (кузова или ковша), m^3 ;

$T_{см}$ – длительность смены, ч;

$t_{пер}$ – время перерывов в работе транспортной установки, включающее технологические перерывы в работе забоя (взрывание, проветривание и др.), при работе самоходных машин $t_{пер} = 0,7 \dots 0,8$ ч.

k_3 – коэффициент заполнения грузонесущей емкости ($k_3 = 0,75$ – коэффициент заполнения ковша для крепких руд, $k_3 = 0,95$ – коэффициент заполнения кузова);

t_p – продолжительность одного рейса, мин.

Продолжительность рейса, мин

$$t_p = t_n + t_{дв} + t_{раз} + t_{разм}, \quad (2.5)$$

где t_n – время погрузки машины, которое определяется вместимостью кузова, мин;

$t_{дв}$ – время соответственно загрузки, движения, мин;

$t_{раз}$ – время разгрузки, мин.

$t_{разм}$ – время ожидания на разминовке, $1 \dots 3$ мин.

Время загрузки для машин с ковшом и грузонесущим кузовом, мин:

$$t_n = \frac{\xi V_{куз} t_{ц} k_M}{60 V_K k_3}, \quad (2.6)$$

где ξ - коэффициент учитывающий время, затрачиваемое на разборку негабарита в забое, $\xi=1,15\dots1,2$;

$V_{\text{куз}}, V_{\text{к}}$ – вместимость соответственно кузова и ковша, м^3 ;

$t_{\text{ц}}$ – время цикла черпания погрузочным ковшом, $t_{\text{ц}}=30$ с;

$k_{\text{м}}$ – коэффициент, учитывающий время на маневры машины в забое, $k_{\text{м}}=1,3$;

$k_{\text{з}}$ – коэффициент заполнения ковша, 0,75.

Время загрузки для машин с грузонесущим ковшом, мин

$$t_n = \xi t_{\text{ц}} K_{\text{ман}} / 60, \quad (2.7)$$

где $t_{\text{ц}}$ – время цикла черпания грузонесущим ковшом, $t_{\text{ц}} = 50$ с.

Время движения машины, мин

$$t_{\text{дв}} = 60L \left(\frac{1}{v_{\text{зр}}} + \frac{1}{v_{\text{нор}}} \right) k_{\text{дв}}, \quad (2.8)$$

где L – длина транспортирования, км;

$v_{\text{зр}}, v_{\text{нор}}$ – скорость движения соответственно груженной и порожней машины, км/ч;

$k_{\text{дв}}$ – коэффициент, учитывающий неравномерность движения машины, $k_{\text{дв}}=1,25\dots1,3$.

Время разгрузки машины $t_{\text{раз}}$ принимается равным с учетом маневров у рудоспуска $t_{\text{раз}} = 0,5\dots0,7$ мин (30...40с).

Эксплуатационная производительность автосамосвала или самоходного вагона находится по следующей формуле, т/смену:

$$Q_{\text{э}} = \frac{60V_{\text{куз}} k_{\text{зк}} \gamma (T_{\text{см}} - t_{\text{нр}})}{t_p k_{\text{н}}}, \quad (2.9)$$

где $k_{\text{н}}$ - коэффициент неравномерности подачи машин в забой, равный 1,5 и 1,25 соответственно при отсутствии и наличии аккумуляющей емкости;

$k_{зк}$ – коэффициент заполнения кузова ($k_{зк}=0,8$ - для самоходного вагона, $k_{зк}=0,95$ - для автосамосвалов);

t_p - продолжительность одного рейса, мин.

Продолжительность рейса, мин

$$t_p = t_n + t_{\partial в} + t_{раз} + t_{мз} + t_{мп} + t_{разм}, \quad (2.10)$$

где $t_n, t_{\partial в}, t_{раз}, t_{мз}, t_{мп}, t_{разм}$ – время соответственно загрузки, движения, разгрузки, маневров в забое, маневров у мест загрузки, ожидания на разминовке, мин.

При работе с погрузчиком с ковшовым рабочим органом время погрузки, мин

$$t_n = \frac{V_{куз} k_{зк} t_{ц}}{60 V_k k_z}, \quad (2.11)$$

где $t_{ц}$ – продолжительность цикла средств погрузки, с.

При работе комплекса с погрузочной машиной непрерывного действия время погрузки, мин

$$t_n = \frac{V_{куз} k_z}{Q_n}, \quad (2.12)$$

где Q_n – эксплуатационная производительность погрузочной машины непрерывного действия, м³/мин.

Время движения автосамосвала или самоходного вагона, мин

$$t_{\partial в} = \frac{60L}{k_{сх}} \left(\frac{1}{v_{зр}} + \frac{1}{v_{нор}} \right), \quad (2.13)$$

где $v_{зр}, v_{нор}$ – скорость движения соответственно груженой и порожней машины, км/ч;

L – длина транспортирования, км;

$k_{сх}$ – коэффициент среднеходовой скорости движения:

$k_{сх}=0,6$ – при длине транспортирования до 0,3 км;

$k_{сх}=0,7$ – при длине транспортирования свыше 0,3 км.

Время разгрузки для автосамосвалов с опрокидным кузовом $t_{раз} = 0,7$ мин, для самоходных вагонов $t_{раз} = 2 \dots 3$ мин.

Время маневров в забое $t_{мз}$ и у мест загрузки $t_{мр}$ определяется в конкретных условиях эксплуатации согласно хронометражу, мин.

При движении нескольких машин в однополосной выработке время ожидания на разминовках, мин

$$t_{разм} = n_{разм} t_1, \quad (2.14)$$

где $n_{разм}$ - число разминок;

t_1 – время на ожидание на разминке, $t_1 = 1 \dots 3$ мин.

Необходимое число машин для работы на участке

$$N_{р.м} = k_n Q_{см} / Q_э, \quad (2.15)$$

где k_n – коэффициент неравномерности поступления полезного ископаемого;

$Q_{см}$ – сменная производительность участка по горной массе, т/смену;

$Q_э$ – эксплуатационная производительность самоходной транспортной машины, т/смену.

Инвентарное количество машин

$$N_{инв} = k_{инв} N_{р.м}, \quad (2.16)$$

где $k_{инв}$ – коэффициент инвентарности парка, $k_{инв} = 1,3 \div 1,4$.

Расчетный расход топлива на транспортирование за один рейс автосамосвала

$$q_{рj} = 0,78 \left[(1 + 2k_t) L_j \frac{w_0}{1000} + \frac{h_j (1 + k_t)}{1000} \right] P, \quad (2.17)$$

где k_t – коэффициент тары машины;

L_j – расстояние транспортирования из j -го забоя, км;

$w_{\square 0}$ – удельное сопротивление движению, Н/кН;

h_j – высота подъема груза при транспортировании из j -го забоя, м;

P - фактическая грузоподъемность транспортной машины, т.

Удельный расход топлива подсчитывают на 100 км пробега или в час. Для автосамосвалов расход дизельного топлива составляет в среднем 0,4-0,5 л/кВт мощности двигателя (на 100 км пробега).

Фактический расход топлива

$$q_{\text{ф}} = q_{\text{рj}} k_{\text{т.г}} k_{\text{т.м}}, \quad (2.18)$$

где $k_{\text{т.г}}$ – коэффициент, учитывающий расход топлива на внутрига-
ражные нужды, $k_{\text{т.г}} = 1,06$;

$k_{\text{т.м}}$ – коэффициенты, учитывающие расход топлива на маневры,
 $k_{\text{т.м}} = 1,05 \div 1,1$.

Расход смазочных масел составляет 8-10 % от расхода топлива.

Для электрических самоходных вагонов расход электроэнергии за один рейс

$$q_{\text{р.э}} = 2,75 \left[(1 + 2k_{\text{т}}) L \frac{w_0}{1000} + \frac{h(1 + k_{\text{т}})}{1000} \right].$$

2.7.3. Пример расчета транспортирования горной массы самоходными транспортными машинами

Произвести расчет доставки горной массы из блока к рудоспуску для следующих условий: погрузочно-транспортная машина типа ПД-8Д; сменная производительность блока $Q_{\text{см}} = 380$ т/см; насыпная плотность руды $\gamma = 2,0$ т/м³; время смены $T_{\text{см}} = 7$ ч.

Транспортирование осуществляется по следующим выработкам:
- погрузочные заезды $L_3 = 20$ м; $i = 0$ ‰; дорожное покрытие с неукатанной почвой $\omega_o = 150$ Н/кН;

- транспортный штрёк $L_{шт} = 180$ м; $i = 5 \text{ ‰}$; дорожное покрытие с подсыпкой щебня $\omega_o = 80$ Н/кН.

Тяговый расчет

Необходимая сила тяги транспортной машины по условию движения (силу сопротивления воздушной среды не учитываем, т.к. средняя скорость движения ПТМ не превышает 12 км/ч) :

а) по погрузочному заезду :

- с грузом

$$F_z = g(Q + G)(\omega_o + \omega_{кр} - i + 108a) = 9,8 \cdot (22,4 + 7,6)(150 + 0,06 \cdot 150 - 0 + 108 \cdot 0,5) = 62600 \text{ Н},$$

где G – масса машины, находим по технической характеристике машины, т;

$$Q \text{ – масса груза, } Q = k_z \cdot V \cdot \gamma = 0,95 \cdot 4,0 \cdot 2 = 7,6 \text{ т.}$$

По динамической характеристике машины находим скорость движения машины с грузом $v_z = 4$ км/ч;

- порожняком

$$F_n = gG(\omega_o + \omega_{кр} + i + 108a) = 9,8 \cdot 22,4(150 + 0,06 \cdot 150 + 0 + 108 \cdot 0,5) = 4680 \text{ Н.}$$

По динамической характеристике машины (находим скорость движения машины порожняком $v_n = 5,5$ км/ч;

б) по транспортному штрёку:

- с грузом

$$F_z = g(Q + G)(\omega_o + \omega_{кр} - i + 108a) = 9,8 \cdot (22,4 + 7,6)(80 + 0,06 \cdot 80 - 5 + 108 \cdot 0,5) = 39400 \text{ Н.}$$

По динамической характеристики машины находим скорость движения машины с грузом $v_z = 7,5$ км/ч.

- порожняком:

$$F_n = gG(\omega_o + \omega_{кр} + i + 108a) = 9,8 \cdot 22,4(150 + 0,06 \cdot 150 + 5 + 108 \cdot 0,5) = 29400 \text{ Н}$$

По динамической характеристики машины находим скорость движения машины порожняком $v_n=10,5$ км/ч.

Сила тяги самоходной машины по условию сцепления колес с дорогой:

а) по погрузочному заезду

$$F_{сц,з}=1000 \cdot \psi P_{сц}=1000 \cdot 0,55 \cdot 294=161700 \text{ Н},$$

где $P_{сц}$ – сцепной вес машины с грузом, кН

$$P_{сц} = G_n = (Q+G)g = (22,4+7,6) \cdot 9,8=294 \text{ кН}.$$

Так как $F_z = 62600 \text{ Н} < F_{сц,з} = 161700 \text{ Н}$, следовательно, буксования колес не будет.

б) по транспортному штреку

$$F_{сц,т}=1000 \cdot \psi \cdot P_{сц}=1000 \cdot 0,7 \cdot 294=205800 \text{ Н}.$$

Так как $F_z = 39400 \text{ Н} < F_{сц,т} = 205800 \text{ Н}$, следовательно, буксования колес не будет.

Находим тормозной путь самоходной транспортной машины, по максимальной скорости движения

$$L = \frac{3,85 v_n^2 (1 + k_u)}{1000 \psi + \omega_o \pm i} + \frac{v_n t_p}{3,6} = \frac{3,85 \cdot 10,5^2 (1 + 1)}{1000 \cdot 0,7 + 80 + 5} + \frac{10,5 \cdot 1,3}{3,6} = 4,86 \text{ м}.$$

Полученная величина тормозного пути не превышает длину тормозного пути для подземных условий, равную 20 м.

Эксплуатационный расчет

Время движения машины:

- по погрузочному заезду

$$t_{дв.1} = 60L \left(\frac{1}{v_{зп}} + \frac{1}{v_{нор}} \right) k_{дв} = 60 \cdot 0,02 \cdot \left(\frac{1}{4} + \frac{1}{5,5} \right) \cdot 1,25 = 0,65 \text{ мин};$$

- по откаточному штреку

$$t_{\partial\phi,2} = 60L \left(\frac{1}{v_{\partial p}} + \frac{1}{v_{nop}} \right) k_{\partial\phi} = 60 \cdot 0,18 \cdot \left(\frac{1}{7,5} + \frac{1}{10,5} \right) \cdot 1,25 = 3,1 \text{ мин.}$$

Время загрузки грузонесущего ковша

$$t_n = \xi \cdot t_{\psi} \cdot K_{ман} / 60 = 1,2 \cdot 50 \cdot 1,3 / 60 = 1,3 \text{ мин}$$

Время разгрузки машины принимаем по данным практики с учетом маневров у рудоспуска $t_{раз} = 0,6 \text{ мин.}$

При движении нескольких машин в однополосной выработке время ожидания на разминовках

$$t_{разм} = n_{разм} \cdot t_1 = 1 \cdot 2 = 2 \text{ мин.}$$

Продолжительность рейса

$$t_p = t_n + t_{\partial\phi} + t_{раз} + t_{разм} = 1,3 + 0,65 + 3,1 + 0,6 + 2 = 7,65 \approx 8 \text{ мин}$$

Эксплуатационная производительность погрузочно-транспортной машины

$$Q_{\partial} = \frac{60V k_3 (T_{см} - t_{неp}) \gamma}{t_p} = \frac{60 \cdot 4 \cdot 0,75 \cdot (7 - 0,8) \cdot 2,0}{8} = 279 \text{ т/см}$$

Необходимое число машин для работы на участке

$$N_m = k_n \cdot Q_{см} / Q_{\partial} = 1,2 \cdot 380 / 279 = 2.$$

Контрольные вопросы

1. Назовите типы самоходных транспортных машин и условия их применения.
2. Почему самоходные машины на зарубежных рудниках являются основным видом транспорта.
3. Назовите типы погрузочно-транспортных машин по конструктивному исполнению и виду привода, область их эффективного использования.

4. Перечислите основные узлы устройства погрузочно-транспортных машин с грузонесущим ковшем.

5. Расскажите о конструктивных схемах подземных автосамосвалов и схеме очистки от выхлопных газов.

6. Какие средства погрузки необходимы для загрузки подземных автосамосвалов.

7. Назовите типы самоходных шахтных вагонов, области их эффективного использования.

8. Назовите зазоры между автотранспортом и стенкой (крепью) в соответствии с назначением выработки по требованиям ПБ.

9. Какие типы покрытия используются в подземных выработках, от каких факторов зависит их выбор.

10. Расскажите порядок проведения тягового и эксплуатационного расчета самоходного транспорта.

Рекомендуемая литература

1. Галкин В.И. Транспортные машины / В.И. Галкин, Е.Е. Шешко. - Москва: МГГУ, 2009. – 588 с.

2. Груздев И.Н. Рудничный транспорт и механизация вспомогательных работ / И.Н. Груздев, П.А. Завгородний, В.К. Колояров. - Москва: МГГУ, 2009. – 534 с.

3. Донченко А.С. Справочник механика рудной шахты. В 2 кн. Кн. 1./ А.С. Донченко, В.А. Донченко, А.А. Соснин. - Москва: Недра, 1991. – 367 с.

4. Подземный транспорт шахт и рудников: справочник / под общей ред. Г.Я. Пейсаковича, И.П. Ремезова. – Москва: Недра, 1985. – 565 с.

3. Подземные скреперные установки

3.1. Принцип действия и схемы скреперования

Канатно-скреперные установки относятся к простейшим транспортным машинам периодического действия, основанным на перемещении насыпных грузов волочением по почве выработки с помощью рабочего органа – скрепера.

Скреперная установка (рис.3.1) состоит из скрепера, головного (одного или двух) и хвостового (одного или двух) тяговых канатов, скреперной лебедки, отклоняющих блоков для направления канатов, разгрузочного полка для перегрузки транспортируемого груза в бункер, люк, рудоспуск. Тяговые усилия создаются лебедкой специальной конструкции – скреперной лебедкой. Внедрение скрепера в горную массу и его заполнение горной массой происходит в процессе движения скрепера. С помощью этой же лебедки скрепер возвращается в исходное положение для осуществления следующего цикла транспортирования.

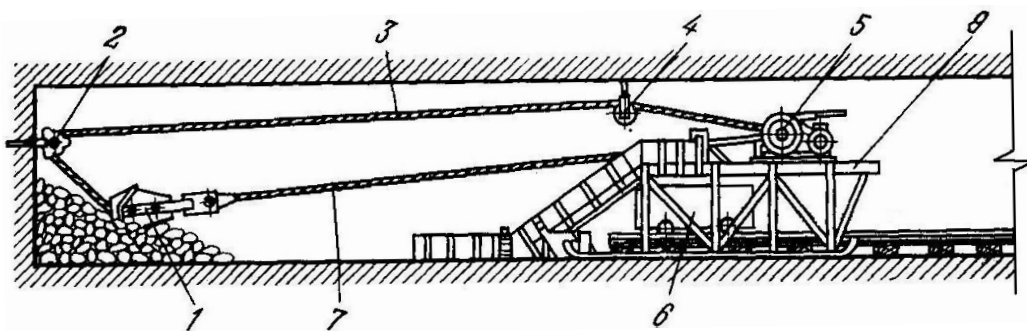


Рис. 3.1. Скреперная установка с погрузкой горной массы через погрузочный полк в вагоны:

1 – скрепер; 2 – концевой блок; 3 – хвостовой канат; 4 – отклоняющий блок; 5 – скреперная лебедка; 6 – вагонетка; 7 – головной канат; 8 – погрузочный полк

Наибольшее распространение получили скреперные установки в подземных рудниках черной и цветной металлургии для доставки дробленой руды из очистных забоев в штреках и ортах скреперования и для уборки взорванной горной массы при проходке горизонтальных и наклонных выработок с уклоном до 30°. Доставка горной массы в подземных условиях производится, в основном, на грохот или полук по прямой или переменной трассе с помощью двух- и трех барабанных лебедок. Длина доставки составляет от 5 до 100 м.

В зависимости от горно-геологических условий средняя производительность составляет 150...300 т/смену, максимальная — 700...800 т/смену. Транспортироваться могут любые кусковые грузы размером до 1000 мм, насыпной плотностью до 3 т/м³.

Длительному применению скреперной доставки способствовали совмещение ее с погрузкой, простота устройства, расположение скреперной лебедки на значительном расстоянии от мест взрывных работ, небольшие затраты на перенос и монтаж.

При скреперовании по прямой используют двухбарабанные лебедки, при скреперовании под углом — двух- и трехбарабанные, а в широких камерах — трехбарабанные (рис 3.2). При доставке руды под углом, т. е. последовательно по двум работкам, из которых одна расположена под углом (обычно прямым) к другой, применяют либо две двухбарабанные лебедки (по одной в каждой выработке), работающие последовательно, либо одну двух- или трехбарабанную (рис. 3.3). При двухбарабанной лебедке сначала скреперуют «из-за угла» при двух концевых блочках с разъемными крюками, затем с дальнего концевого блочка снимают канат, оставляют его на одном, ближнем, концевом блочке и скреперуют руду к лебедке.

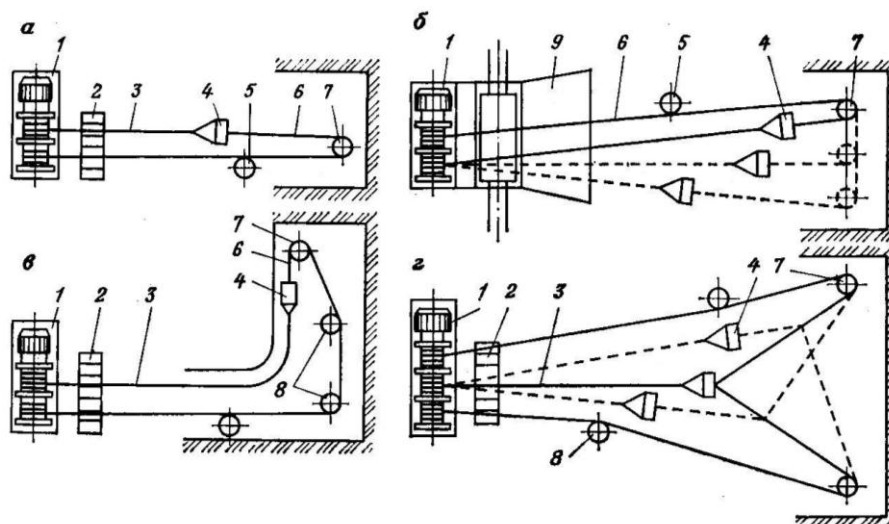


Рис. 3.2. Схемы скреперных установок:

а, б — доставка по прямой трассе соответственно к грохоту и к полку; в — доставка по ломаной трассе; г — доставка по прямой прямолинейной трассе трехбарабанной лебедкой; 1 — лебедка; 2 — грохот; 3, 6 — канаты; 5, 7, 8 — подвесные концевые, отклоняющие блоки; 9 — полук

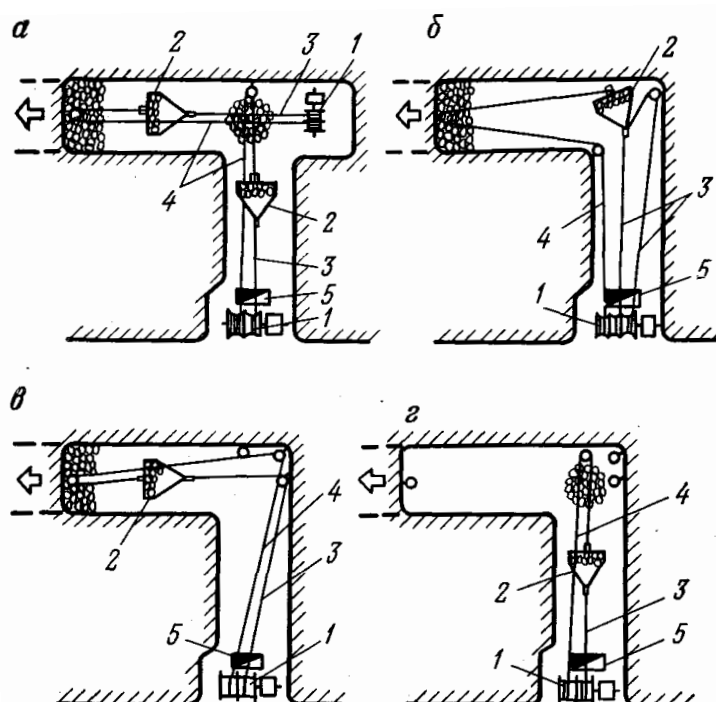


Рис. 3.3. Схемы скреперования под углом:

а — двумя лебедками; б — одной трехбарабанной; в — одной двухбарабанной; г — то же, вторая стадия (1 — лебедка; 2 скрепер; 3 — головной канат; 4 — хвостовой канат; 5 — рудоспуск. Стрелкой показано направление подвигания забоя); д — в очистной камере трех барабанной лебедкой с одним головным (1) и двумя хвостовыми (2) канатами (3 — лебедка; 4 — скрепер; 5 — рудоспуск; 6 — блок)

При использовании трехбарабанной лебедки перемещают наполненный скрепер с помощью одного головного каната по первой выработке, с помощью другого — по второй. Скреперную лебедку устанавливают с той стороны, в которую скреперуют руду. Этим облегчается визуальный контроль за наполнением скрепера и его разгрузкой. При необходимости можно располагать лебедку с противоположной стороны и скреперовать руду от скреперной лебедки.

В широких камерах трехбарабанные скреперные лебедки применяют с одним головным и двумя хвостовыми канатами; направление движения скрепера изменяют путем большего натяжения левого или правого хвостового каната.

Достоинствами скреперных установок являются совмещение операций по погрузке и доставке, простота конструкции, надежность работы в сложных условиях, возможность транспортирования крупнокусковых скальных пород и работы при различных углах наклона трассы, простое изменение длины доставки, невысокая стоимость. Недостатки скреперных установок: малая производительность, ограниченная длина транспортирования, быстрый износ канатов, высокая энергоемкость.

3.2. Устройство скреперных установок

Основными элементами скреперной установки являются скрепер, лебедка, канаты и блоки.

Скреперы. Наибольшее распространение на подземных работах получили гребковые односекционные жесткие и ящичные скреперы (рис. 3.2).

По способу изготовления скреперы разделяют на литые, сварные и комбинированные, по исполнению — на неразборные и разборные, по расположению режущих кромок — на односторонние и двусторонние.

Скреперы изготавливаются легких моделей для доставки горной массы насыпной плотностью до 2 т/м^3 и тяжелых моделей для горной массы с насыпной плотностью более 2 т/м^3 . Углы внедрения составляют $30, 45$ и 60° .

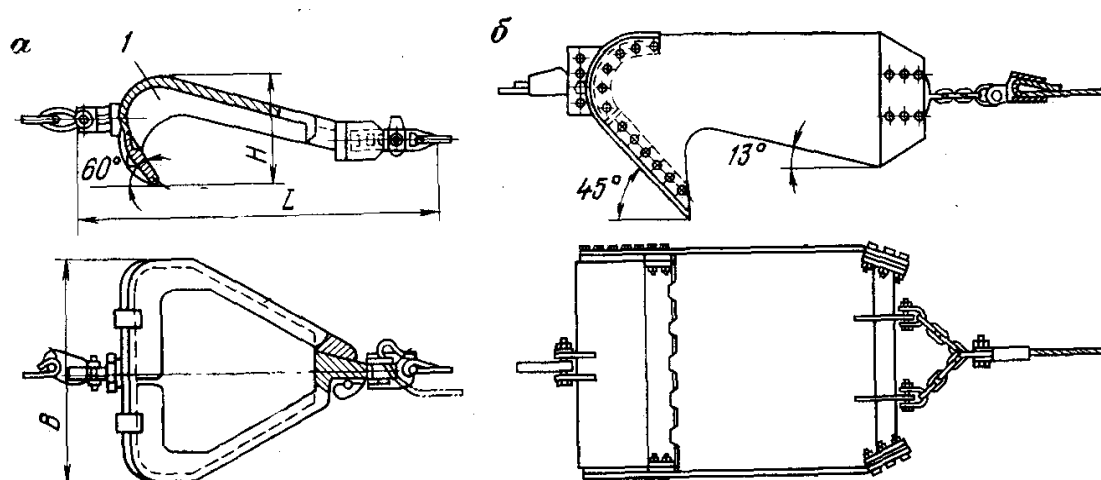


Рис. 3.2. Конструкции скреперов:

а — гребкового, б- ящичного

Согласно типовому ряду, скреперы имеют буквенное обозначение. Например, СГ-0,4 или СЯ-0,6, что означает соответственно скрепер гребковый вместимостью $0,4 \text{ м}^3$ и скрепер ящичный вместимостью $0,6 \text{ м}^3$.

Скреперы изготавливают вместимостью $0,1 \dots 4,0 \text{ м}^3$. Наибольшее распространение для проведения выработок получили скреперы вместимостью от $0,25$ до $0,8 \text{ м}^3$.

Тип скрепера выбирают по свойствам груза и условиям эксплуатации. Для мелких сыпучих грузов принимают ящичные скреперы с

углом внедрения 35... 45°, для крупнокусовых — гребковые с углом внедрения 45 и 60°.

Основными параметрами скрепера являются его вместимость, масса, угол внедрения и линейные размеры. Ширина скрепера должна быть в 2...2,5 раза больше транспортируемых кусков максимального размера. Линейные размеры скрепера выбираются в зависимости от принятой (заданной) вместимости скрепера:

$$h = 0,85\sqrt[3]{V}; \quad B = 1,7\sqrt[3]{V}; \quad l = 2,15\sqrt[3]{V},$$

где V – ёмкость скрепера, м³.

Лебедки в скреперных установках применяют двух- и трех-барабанные с соосным или параллельным расположением барабанов и двигателей. Привод лебедок обычно электрический, реже — пневматический. Управление лебедкой может быть ручным, дистанционным или автоматическим.

Лебедки с двумя и тремя барабанами, согласно типовому ряду, изготавливают мощностью 10; 17; 30; 55 и 110 кВт на ОАО «Кыштымское машиностроительное объединение» (рис.3.3) [11], и 18,5; 30; 55 кВт на ПАО «Донецгормаш» [15].



Рис. 3.3. Скреперная лебедка 30ЛС-2СМ

Обозначения скреперной лебедки, например 17ЛС-2СМА, 30ЛС-2ПМА, 55ЛС-3СМА, расшифровываются следующим образом: первая цифра — мощность, кВт; ЛС — лебедка скреперная; следующая цифра — число барабанов; С — соосное и П — параллельное расположение барабанов и двигателя; М и А — модернизированная.

Конструкции всех скреперных лебедок одинаковы по кинематике и способу включения барабанов и имеют взаимозаменяемые детали (рис. 3.4). Конструктивной особенностью скреперной лебедки является то, что во время работы двигатель не реверсируется и периодическое подключение барабанов к постоянно вращающемуся в одном направлении центральному валу осуществляется планетарно-фрикционными механизмами.

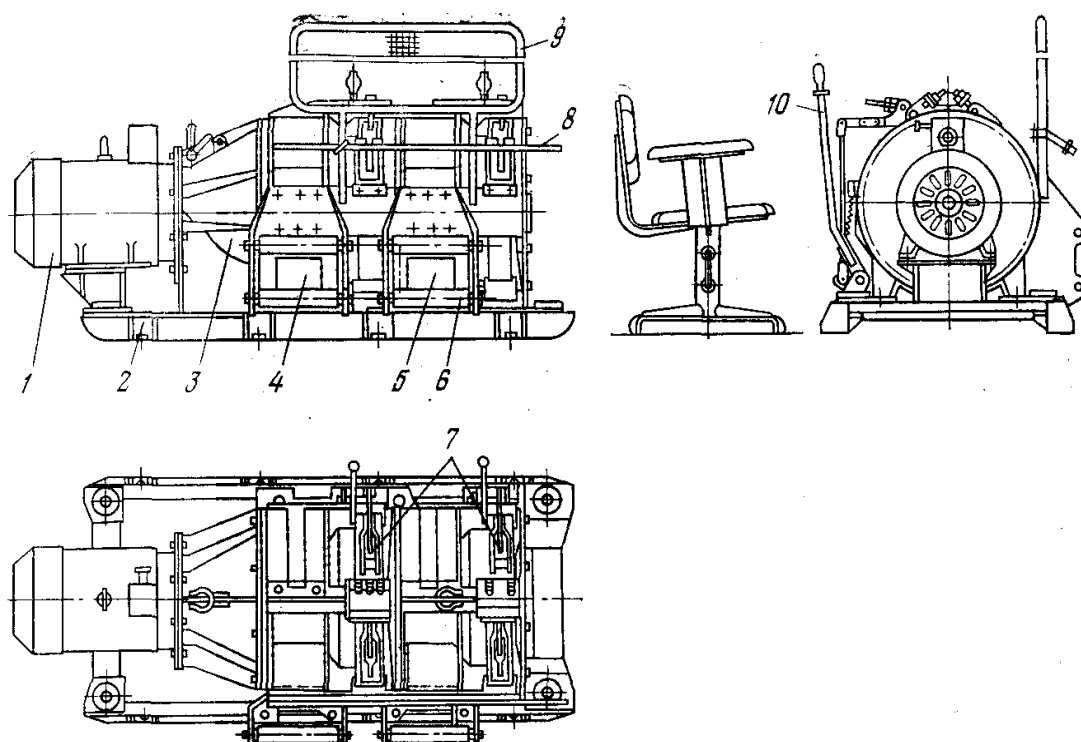
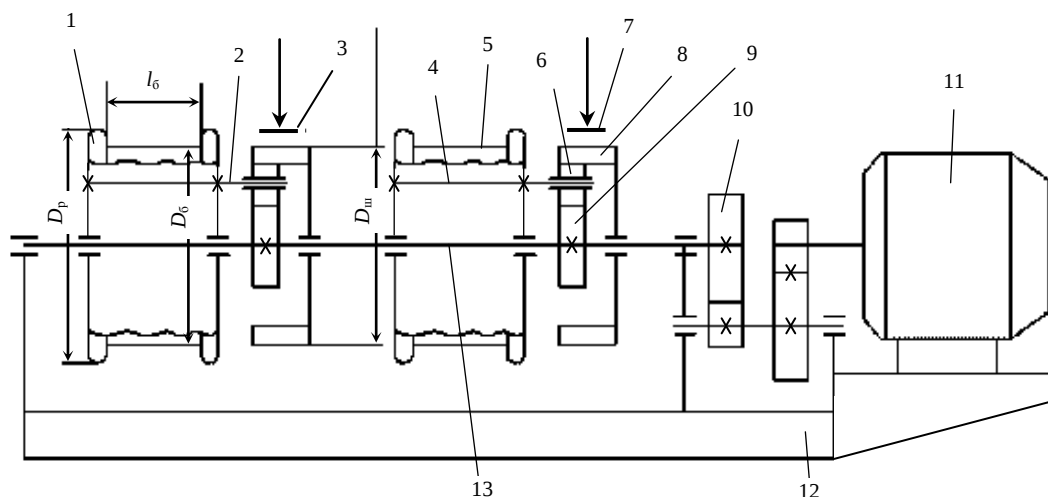


Рис. 3.4. Скреперная лебедка 55ЛС-2СМ:

1- электродвигатель; 2 — рама; 3- редуктор привода; 4 - блок рабочего барабана и 5 — блок холостого барабана с планетарными редукторами; 6- направляющие устройства канатов; 7 — тормоза; 8 — орошение; 9 - съемное ограждение; 10 - рычаги ручного управления

Приводной электродвигатель и вал лебедки жестко кинематически связаны через двухступенчатый редуктор. Вал с помощью закрепленных на нем солнечных зубчатых колес кинематически связан с водилом каждого барабана с помощью сателлитов (по три на каждый барабан). Водило жестко связано с канатным барабаном, а свободно установленные на водилах сателлиты постоянно сцеплены с внутренними зубчатыми венцами тормозных шкивов. Последние свободно установлены на центральном валу и снабжены ленточными тормозами, являющимися механизмами включения канатных барабанов



1, 5 – барабаны; 2, 4 – водило; 3, 7 – ленточный тормоз; 6 – сателлит; 8 – тормозной шкив с внутренним зубчатым венцом; 9 – солнечное колесо; 10 – двухступенчатый редуктор; 11 – электродвигатель; 12 – рама; 13 – приводной вал

Трехбарабанная лебедка имеет два холостых и один рабочий барабаны. Такая конструкция лебедки обеспечивает скреперование на широком фронте работ при изменении трассы движения. Трехбарабанная лебедка собирается из тех же сборочных единиц, что и двухбарабанная, но имеет большую длину рамы и центрального вала. Управление тормозом рабочего барабана осуществляется ножной педалью, а тормозами холостых барабанов — ручными рычагами управления.

Управление тормозными устройствами скреперной лебедки обычно производят вручную. При дистанционном управлении лебедкой машинист находится у места загрузки скрепера и по гибкому кабелю включает и выключает силовые цилиндры, штоки которых соединены с рычагами тормозных устройств лебедки.

Автоматическое управление скреперной лебедкой обеспечивает ее работу без вмешательства машиниста и отключение двигателя при обрыве каната. Переключение хода скрепера в конечных пунктах осуществляется подачей импульсов от датчиков, включаемых скрепером, канатами, барабанами или реле времени.

Скреперные блоки предназначены для поддержания и изменения направления движения рабочих и холостых канатов скреперных установок. По назначению и расположению в скреперной установке различают блоки: концевые, подвесные и направляющие.

Концевой блок устанавливается на холостой ветви каната и служит для изменения направления каната на 180° .

Блоки скреперной установки должны быть удобными для переноски и закрепления, обеспечивать простую заправку и снятие каната и возможность пропуска каната, связанного узлом. Диаметр блоков должен быть равным не менее 15...18 диаметров каната.

Крепление блока при проведении выработок в крепких породах производят с помощью штырей или канатных анкеров, удерживаемых забитыми в шпуров клиньями. При проведении выработок в неустойчивых породах блоки подвешивают цепями к крепи или распорным стойкам.

В качестве тяговых канатов используются стальные проволочные канаты двойной свивки (открытые) с мягким сердечником при максимальном диаметре проволок, формирующих наружный слой каната. Предел прочности на разрыв не более 1600 МПа, диаметр канатов составляет 13...28 мм.

Канаты довольно быстро изнашиваются из-за трения о горную массу и при навивке на барабаны. Порванные канаты относительно небольшого диаметра можно связывать обычным узлом.

Погрузочный полук – предназначен для погрузки горной массы в вагонетки, скипы или на конвейер. Выполняется сборно-разборным из наклонной заборной и разгрузочной частей, соединенных между собой шарнирно. Позади люка, расположенного в разгрузочной части, установлены скреперная лебедка и сиденье машиниста. Полук обычно монтируется на металлических лыжах, на которых его перемещают скреперной лебедкой вслед за продвижением забоя.

3.3. Расчет скреперной установки

3.3.1. Эксплуатационный расчет скреперной установки

Методика расчета скреперной установки зависит от способа и схемы скреперования и заключается в определении емкости скрепера для доставки руды в очистном забое или определении эксплуатационной производительности установки при проведении горной выработ-

ки, определении сопротивлений перемещению скрепера, запаса прочности каната и мощности привода лебедки.

Эксплуатационная производительность скреперной установки в общем виде, т/смену, находится по формуле

$$Q_{\text{экс}} = \frac{3600 V_c k_3 k_u \gamma t_{\text{см}}}{L \left(\frac{1}{v_{\text{гр}}} + \frac{1}{v_{\text{пор}}} \right) + t}, \quad (3.1)$$

где V_c – вместимость скрепера, $V_c = 0,015 * N_{\text{дв}}, \text{м}^3$;

$N_{\text{дв}}$ – мощность двигателя, кВт;

k_3 – коэффициент заполнения скрепера: для крупнокусовой горной массы 0,5...0,7, для среднекусовой 0,7...0,8, для мелкокусовой 0,9...1,0;

k_u – коэффициент использования установки во времени, $k_u = 0,4...0,6$;

γ – насыпная плотность горной массы, $\text{т}/\text{м}^3$;

L – длина скреперования, м;

$v_{\text{гр}}$, $v_{\text{пор}}$ – скорость движения соответственно груженого и порожнего скрепера, скорость скрепера при рабочем ходе обычно $v_{\text{гр}} = 1...1,3 \text{ м/с}$, а при холостом ходе $v_{\text{пор}} = 1,5...1,8 \text{ м/с}$. Рекомендуемое соотношение между скоростями рабочего и холостого ходов $v_{\text{пор}} = (1,3...1,5) v_{\text{гр}}$, м/с;

$t_{\text{см}}$ – длительность смены, ч;

t – время пауз скрепера в конечных пунктах, $t = 3...5 \text{ с}$.

Если задана сменная производительность доставки, то объем скрепера, м^3 , находится из формулы

$$V_c = \frac{Q_{экс} \left[L \left(\frac{1}{v_{зр}} + \frac{1}{v_{нор}} \right) + t \right]}{3600 k_3 k_u \eta_{см}} . \quad (3.2)$$

По полученному объему скрепера и характеристике горной массы выбирают тип скрепера, его массу и вместимость по табл. 3.1

Таблица 3.1. *Параметры скреперов для подземных работ*

Скрепер	Расчетная вместимость, м ³	Основные размеры, мм, не более			Масса, кг, не более	
		ширина	длина	высота	легкие	тяжелые
СГ	0,1	710	950	400	85	160
	0,16	860	1250	500	160	265
	0,25	950	1400	560	265	400
	0,4	1120	1700	670	400	560
	0,6	1250	2000	800	560	800
	1,0	1500	2360	900	800	1180
	1,6	1700	2650	1060	1180	1600
	2,5	1900	3000	1250	1600	2120
	4,0	2260	3550	1500	2120	3000
СЯ	0,16	700	800	360	85	160
	0,25	850	950	400	160	265
	0,4	950	1120	450	265	400
	0,6	1120	1400	500	400	560
	1,0	1250	1700	560	560	800
	1,6	1500	2000	630	800	1180
	2,5	1700	2560	710	1180	1600
	4,0	1900	3000	800	1600	2120

Примечание. Скреперы изготавливаются легких моделей для доставки горной массы насыпной плотностью до 2 т/м³ и тяжелых моделей для горной массы с насыпной плотностью более 2 т/м³.

Эксплуатационная производительность скреперной установки, т/смену, при погрузке горной массы в вагонетки локомотивной откатки или скипы канатной откатки

$$Q_{экс} = \frac{3600 V_{\text{в}} \eta_{\text{тсм}} k_u}{t_n + t_c} , \quad (3.3)$$

где $V_{\text{в}}$ – вместимость вагонетки или скипа, м^3 ;

z – число вагонеток в составе;

t_n – время погрузки одной вагонетки или скипа, с;

t_c – время, затрачиваемое на смену состава или скипа, с.

Время погрузки одной вагонетки, с, находится из выражения

$$t_n = \frac{V_{\text{в}}}{V_c k_3} \left[L \left(\frac{1}{v_{\text{зп}}} + \frac{1}{v_{\text{нор}}} \right) + t_1 \right], \quad (3.4)$$

где t_1 – время затрачиваемое на загрузку и разгрузку скрепера, $t_1 = 15 \dots 25$ с.

Производительность скреперного грузчика или скреперной установки, подающей горную массу на конвейер, рассчитывается по формуле так же как и для очистного забоя.

3.3.2. Тяговый расчет скреперной лебедки

Сопротивление (Н) перемещению груженого скрепера

$$W_{\text{зп}} = W_1 + W_2 + W_3 + W_4, \quad (3.5)$$

где W_1, W_2, W_3, W_4 – сопротивление перемещению соответственно горной массы, скрепера, канатов по почве выработки и от подтормаживания барабана, Н.

Сопротивление (Н) при перемещении горной массы скрепером

$$W_1 = 1000 V_c k_3 (f_1 \cos \beta \pm \sin \beta) g, \quad (3.6)$$

где f_1 – коэффициент трения горной массы по почве, $f_1 = 0,6 \dots 0,8$;

β – угол наклона выработки (знак “+” – вверх, “-” – вниз).

Сопротивление (Н) при перемещении скрепера по почве

$$W_2 = G_0 (f_2 \cos \beta \pm \sin \beta) g, \quad (3.7)$$

где G_0 – масса скрепера, кг;

f_2 – коэффициент трения скрепера по почве, $f_2 = 0,4 \dots 0,55$.

Сопротивление (Н) при перемещении каната по почве

$$W_3 = 2L q f_2 g , \quad (3.8)$$

где q - масса 1 м каната, кг/м.

Сопротивление (Н) от натяжения хвостового каната лебедки
 $W_4 = 1000 \dots 3000 \text{ Н}$.

Сила тяги (Н) каната при перемещении груженого скрепера

$$F_{zp} = W_1 + W_2 + W_3 + W_4. \quad (3.9)$$

Сила тяги (Н) каната при перемещении порожнего скрепера

$$F_n = W_2 + W_3 + W_4. \quad (3.10)$$

Мощность двигателя лебедки (кВт) при движении груженого скрепера

$$N = k_{yct} F_{zp} v_{zp} / (1000 \eta) , \quad (3.11)$$

где k_{yct} – коэффициент запаса мощности, $k_{yct} = 1,15 \dots 1,2$;

η - КПД трансмиссии лебедки, $\eta = 0,75 \dots 0,85$.

Запас прочности каната составляет

$$m = S_p / F_{zp} \geq 3 \dots 4 , \quad (3.12)$$

где S_p – разрывное усилие каната, находится по каталожным данным соответственно диаметру каната скреперной установки.

3.3.3. Пример расчета скреперной установки

Выбрать и рассчитать скреперную установку для скреперования рудной массы по щтреку скреперования в очистном блоке для следующих условий: сменная производительность забоя $Q_{cm} = 360 \text{ т/см}$; насыпная плотность руды $\gamma = 2,0 \text{ т/м}^3$; крупность горной массы $a = 400 \text{ мм}$; длина скреперования $L = 40 \text{ м}$; угол наклона выработки скреперования $\beta = - 5^\circ$; время смены $T_{cm} = 7 \text{ ч}$.

В зависимости от заданной сменной производительности находим объем скрепера

$$V_c = \frac{Q_{экс} \left[L \left(\frac{1}{v_{зп}} + \frac{1}{v_{ноп}} \right) + t \right]}{3600 k_3 k_u \eta_{см}} = \frac{360 \left[40 \left(\frac{1}{1,33} + \frac{1}{1,8} \right) + 5 \right]}{3600 * 0,7 * 0,6 * 2,0 * 7} = 0,96 \text{ м}^3.$$

Принимаем по табл. 3.1 гребковый скрепер объемом $V_c = 1,0 \text{ м}^3$, масса скрепера $G_0 = 800 \text{ кг}$, размеры скрепера $B=1500 \text{ мм}$, $L=2360 \text{ мм}$, $H=900 \text{ мм}$.

Тяговый расчет скреперной лебедки

Сопротивление при перемещении горной массы скрепером

$$W_1 = 1000 V_c \gamma k_3 (f_1 \cos \beta \pm \sin \beta) g = 1000 * 1 * 2,0 * 0,7 * (0,8 \cos 5 - \sin 5) * 9,8 = 9740 \text{ Н}$$

Сопротивление при перемещении скрепера по почве

$$W_2 = G_0 (f_2 \cos \beta \pm \sin \beta) g = 800 * (0,5 * \cos 5 - \sin 5) * 9,8 = 3200 \text{ Н.} 4720$$

Сопротивление при перемещении каната по почве

$$W_3 = 2L q f_2 g = 2 * 40 * 1,2 * 0,5 * 9,8 = 470 \text{ Н,}$$

где q - масса 1 м каната, кг/м.

Сопротивление от натяжения хвостового каната лебедки на отклоняющем блоке принимаем $W_4 = 3000 \text{ Н}$.

Сила тяги каната при перемещении груженого скрепера

$$F_{зп} = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 = 9740 + 3200 + 470 + 3000 = 16415 \text{ Н.}$$

Сила тяги каната при перемещении порожнего скрепера

$$F_n = W_2 + W_3 + W_4 = 3200 + 470 + 3000 = 6670 \text{ Н.}$$

Мощность двигателя лебедки при движении груженого скрепера

$$N = k_{уст} F_{зп} v_{зп} / (1000 \eta) = 1,2 * 16415 * 1,33 / (1000 * 0,8) = 33 \text{ кВт.}$$

Принимаем двухбарабанную скреперную лебедку 55 ЛС2СМ, которая имеет тяговое усилие 44 кН и мощность двигателя $N = 55 \text{ кВт}$.

Запас прочности каната составляет

$m = S_p / F_{зп} = 173000 / 15415 = 11,2 > 4$, что соответствует требованиям ПБ по запасу прочности.

Контрольные вопросы

1. Расскажите принцип действия и устройство канатно-скреперных установок.
2. Назовите оптимальную область применения подземных скреперных установок.
3. Перечислите основные узлы устройства канатно-скреперных установок.
4. От чего зависит выбор типа и ёмкости скрепера в подземных условиях.
5. Принцип действия и управление работой скреперной лебедки.
6. Расскажите порядок расчета параметров скреперной доставки.

Рекомендуемая литература

1. Галкин В.И. Транспортные машины / В.И. Галкин, Е.Е. Шешко. - Москва: МГГУ, 2009. – 588 с.
2. Груздев И.Н. Рудничный транспорт и механизация вспомогательных работ / И.Н. Груздев, П.А. Завгородний, В.К. Колояров. - Москва: МГГУ, 2009. – 534 с.
3. Донченко А.С. Справочник механика рудной шахты. В 2 кн. Кн. 1./ А.С. Донченко, В.А. Донченко, А.А. Соснин. - Москва: Недра, 1991. – 367 с.
4. Медведев В.В. Практикум к дисциплине «Внутришахтный транспорт»: учебное пособие / В.В. Медведев.- Чита: ЧитГТУ, 2000. - 60 с.
5. Подземный транспорт шахт и рудников: справочник / под общей ред. Г.Я. Пейсаковича, И.П. Ремезова. – Москва: Недра, 1985. – 565 с.

4. Конвейерный транспорт

4.1. Виды конвейерного транспорта

Основная область применения конвейеров — транспортирование массовых грузов: полезного ископаемого, породы от проходки подземных выработок, в ряде случаев — закладочных материалов.

В угольных шахтах рост нагрузок на очистной забой, происходящий благодаря совершенствованию технологии и применению высокопроизводительных механизированных комплексов и струговых установок, концентрации горных работ, совершенствованию схем вскрытия и подготовки, обусловил широкое применение конвейеров для транспортирования угля и сланца от очистных забоев, также возросло применение конвейеров на подготовительных работах.

В значительных размерах применяются конвейеры на соляных рудниках (преимущественно ленточные на сборных выработках). Известны примеры эффективного использования конвейеров на подземном транспорте полиметаллических, асбестовых и других рудников, в наклонных стволах железорудных шахт.

Преимущества конвейерного транспорта:

высокая производительность, обусловленная непрерывностью процесса транспортирования, высокая надежность; технологическая приспособленность к работе с автоматизированным управлением и вследствие этого низкая трудоемкость обслуживания и низкий уровень травматизма обслуживающего персонала; способность транспортирования груза, как по горизонтальным, так и по наклонным выработкам; достаточно низкая трудоемкость сокращения или удлинения расстояния транспортирования, особенно у ленточных телескопических кон-

вейеров, и вследствие этого удобство сопряжения с оборудованием очистных и подготовительных забоев.

Недостатки конвейерного транспорта:

относительно высокие (но уменьшающиеся с ростом грузопотоков) удельные капитальные затраты и эксплуатационные расходы при транспортировании на большие расстояния; низкая технологическая гибкость — трудность в организации транспортирования породы и угля, углей нескольких марок. Необходимость иметь на шахте вторую транспортную систему для перевозки людей, материалов и оборудования, породы и т. д.; при использовании ленточных конвейеров — высокие требования к прямолинейности выработок; измельчение транспортируемого материала (особенно на узлах перегрузки); неспособленность к транспортированию крупнокусковых и абразивных грузов, большие, по сравнению с циклическими видами транспорта, требуемые удельные капитальные вложения, растущие с уменьшением объемов и увеличением дальности перевозок.

В значительной степени распространению конвейеризации способствует широкий диапазон технических параметров средств конвейерного транспорта: производительность от 150 до 1500 т/ч, а в ряде случаев свыше 3000 т/ч; длина от 200 до 3000 м и более в одной установке; способность эффективно работать при наклонах от -16° до $+18^\circ$, а в случае принятия специальных мер — до $\pm 25^\circ$.

Современные конвейерные установки разделяют:

- по назначению и месту установки в шахте: на забойные, штрековые, уклонные, бремсберговые, магистральные, подъемные и специального назначения (проходческие, бункерные, питатели, перегружатели и др.);

- по типу тяговых органов: с цепным, ленточным и канатным тяговыми органами; без тяговых органов;
- по конструкции: скребковые, пластинчатые, ленточные, ленточно-канатные, ленточно-цепные, качающиеся, вибрационные, винтовые;
- по роду потребляемой энергии: электрические, пневматические, гидравлические, электромагнитные.

Все конвейерные установки состоят из следующих основных частей: тягового органа, грузонесущих элементов, приводного устройства и вспомогательного оборудования.

Основным средством магистрального конвейерного транспорта на угольных шахтах являются ленточные конвейеры. В качестве магистрального транспорта промышленностью выпускаются стационарные ленточные конвейеры с шириной ленты 1000 и 1200 мм для конвейеризации главных наклонных выработок на пологих пластах угольных шахт и главных горизонтальных выработок, по которым транспортируется уголь.

На шахтах вскрытых наклонным стволом, последним звеном магистрального транспорта является конвейерный подъем, оснащаемый стационарными ленточными конвейерами с шириной ленты 1000, 1200 и 1400 мм.

Организация работы конвейерных линий включает в себя комплекс мероприятий по поддержанию конвейеров, перегрузочных и разгрузочных устройств в работоспособном и обеспечению пуска, остановки конвейеров и контроля их работы в соответствии с определенными технологическими требованиями.

На участковом конвейерном транспорте угольных шахт применяются преимущественно ленточные конвейеры (около 80 %), скреб-

ковые конвейеры (около 20 %) и незначительное число пластинчатых конвейеров.

Участковые ленточные конвейеры серийно выпускаются с шириной ленты 800 мм и 1000 мм. В ряде случаев, когда необходимо обеспечить высокую производительность, большую длину и не требуется частое сокращение длины конвейеров (на панельных уклонах и бремсбергах, на бортовых штреках при работе по восстанию — падению с конвейерным просеком), на участковом транспорте применяют стационарные конвейеры с лентой шириной 1000 или 1200 мм, предназначенные для магистрального транспорта.

Длина современных ленточных конвейеров, предназначенных для участковых выработок, превышает 2000 м. Однако в большинстве случаев искривленность выработок не позволяет реализовать эту длину. Поэтому средняя длина ленточных конвейеров в выработках, примыкающих к забою, обычно составляет 300 — 500 м.

Если искривленность выработок очень велика (более трех поворотов на 1 км), становится целесообразным применять изгибающиеся пластинчатые конвейеры.

Одним из наиболее узких звеньев участкового транспорта является узел перегрузки с забойного конвейера на штрековый. В этом месте обычно применяют скребковые конвейеры, укорачиваемые по мере подвигания лавы. Трудоемкость работ по укорачиванию скребкового конвейера значительна и составляет 2,5— 4,5 чел.-ч на цикл. В ряде случаев укорачивание конвейера производится в добычную смену и выполняется рабочими комплексной бригады.

Трудоемкими являются также демонтаж и монтаж скребкового конвейера (больше 30 чел.-ч в месяц).

Более совершенным является оборудование узла сопряжения очистного забоя со штреком надвижными перегружателями, подающими уголь непосредственно на ленточный конвейер, или телескопическими конвейерами, работающими в комплексе с передвижным перегружателем. Аналогичная технология разработана и для подготовительных забоев. В этом случае телескопический конвейер удлиняется вслед за перемещением проходческого комбайна и связан с ним мостовым ленточным перегружателем.

Трудоемкость работ по сокращению или удлинению штрековой конвейерной линии при этом существенно (в 3—4 раза) уменьшается.

В последние годы расширилась перевозка людей ленточными конвейерами переоборудованными в соответствии ЕПБ. Выпускается и специальный грузолюдской ленточный конвейер для участковых и капитальных уклонов.

Область конвейеризированного участкового транспорта до последнего времени была ограничена техническими возможностями конвейеров — как ленточные, так и пластинчатые конвейеры традиционной конструкции эффективно транспортируют уголь по выработкам, наклон которых находится в пределах от $+18$ до -16° .

4.2. Ленточные конвейеры

Ленточные конвейеры, являясь основным типом машин непрерывного транспорта на горных предприятиях, получили широкое применение благодаря своим высоким эксплуатационным качествам. Наибольшее распространение они получили в угольных и сланцевых шахтах, соляных, калийных и асбестовых рудниках в качестве магистрального и участкового транспорта.

Ленточные конвейеры классифицируют:

по назначению — общего назначения, применяющиеся в разных отраслях промышленности, подземные, для открытых горных работ;

по расположению несущей ветви ленты — с верхней несущей ветвью (основной тип), с нижней несущей ветвью и с двумя несущими ветвями (оба последних типа используются крайне редко);

по положению холостой ветви — с нормальным расположением и с переворотом холостой ветви, осуществляемым для того, чтобы холостая ветвь двигалась по роликам негрузовой стороной;

по способу разгрузки — с разгрузкой на концевом барабане и с промежуточной разгрузкой сбрасывающей тележкой или плужковым сбрасывателем.

Подземные ленточные конвейеры разделяют на уклонные, штрековые (горизонтальные или слабонаклонные) и бремсберговые. Хотя указанные типы конвейеров могут иметь значительную степень унификации, каждому из них свойственны некоторые характерные черты.

Ленточные конвейеры, используемые в подземных условиях, имеют следующие основные параметры: ширина ленты 800 — 1400 мм, реже 1600 и 2000 мм; производительность от 50 до 1100 т/ч (для дробленой руды до 6000 т/ч) при скорости перемещения ленты 0,8—3,15 м/с, длина в одном ставе до 2000—2500 м.

По основному назначению подземные ленточные конвейеры делятся на грузовые, грузопассажирские и пассажирские. Грузовые и грузопассажирские (в грузовом режиме) конвейеры предназначены для транспортирования угля, сланцев, горной массы или породы.

По конструктивному исполнению подземные ленточные конвейеры в соответствии с технологическим назначением делятся на стационарные и полустационарные. Полустационарные конвейеры

предназначены для выработок, срок службы которых не превышает одного, двух лет или укорачиваемых по длине. Приводные, натяжные и хвостовые станции стационарных конвейеров устанавливаются на бетонные фундаменты. В полустационарных конвейерах допускается установка хвостовых станций, а в конвейерах небольшой мощности — также и приводных станций без фундамента с раскреплением их в соответствии с инструкцией завода-изготовителя.

Все подземные ленточные конвейеры состоят из следующих основных частей: приводной, натяжной и хвостовой станций; става; конвейерной ленты; загрузочного устройства; электрооборудования и аппаратуры автоматизации. У конвейеров натяжная станция объединена с хвостовой или головной станцией, некоторые конвейеры оснащены выносными секциями разгрузочного барабана (удлинителями разгрузочной консоли).



Рис.4.3. Участковый ленточный конвейер

Подземные ленточные конвейеры, объединены в типовый ряд, определяющий их конструктивные и технологические параметры, а также рациональную область применения.

В наименовании моделей ленточных конвейеров принято обозначение: Л — ленточный; ЛЛ — ленточный грузопассажирский; Т — телескопический; К — с канатным ставом; Б- бремсберговый; У - уклонный; ПП – с промежуточным приводом; У – унифицированный; А (Д) – шифр завода изготовителя (А – Александровский машзавод, Д- Донецгормаш); первая цифра - типоразмер приводной станции; вторая цифра справа от основного буквенного индекса - показывает ширину ленты в мм; третья цифра слева — исполнение конвейера. Например 1Л800Д-01 или 2ЛТКПП1000А. [10, 15, 18]

Таблица 4.1. *Технические характеристики ленточных конвейеров*

Ширина ленты, мм	Скорость движения ленты, м/с	Производительность, т/час	Мощность приводного блока, кВт	Количество приводов (с промприводами)	Напряжение питающей сети, В
800	2; 2,5	420; 520	55; 75; 110	2 (6)	380/660; 660/1140; 6000
1000	2; 2,5; 3,15	680; 860; 1100	110; 132; 160	2 (6)	380/660; 660/1400; 6000
1200	2; 2,5; 3,15	1000; 1250; 1600	160; 200; 250; 315; 400	2 (6)	380/660; 660/1400; 6000
1400	2; 2,5; 3,15	1360; 1700; 2150	160; 200; 250; 315; 400	2 (6)	380/660; 660/1400

Достоинствами ленточных конвейеров являются: широкий диапазон производительности, возможность бесперегрузочного транспортирования на большую длину, простота конструкции и высокая надежность, относительно небольшая масса и энергоемкость по сравнению со скребковыми конвейерами.

Недостатки применения ленточных конвейеров связаны со следующими факторами: ограничением транспортирования грузов по крупности до 300—350 мм; невозможностью перемещения абразивной горной массы; ограничением угла подъема при использовании гладкой ленты до 18—22° в зависимости от свойств транспортируемого материала и конструкции роликового става; необходимостью прямолинейной установки става в плане, что не позволяет использовать ленточные конвейеры в выработках, при наличии изменчивой гипсометрии пластов; высокая стоимость конвейерной ленты и относительно небольшой срок ее службы.

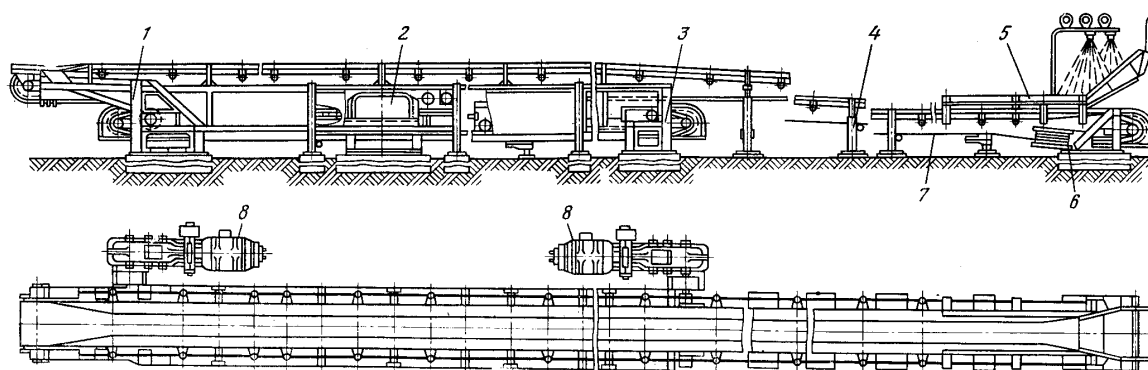


Рис. 4.1. Схема ленточного конвейера 1Л1000А-01:

1 – головная приводная секция; 2 – натяжные устройства; 3 – промежуточная приводная станция; 4 – став; 5 – загрузочное устройство; 6 – концевая станция; 7 – конвейерная лента; 8 – приводные блоки

В ленточных конвейерах лента (рис. 4.1) с лежащим на ней грузом перемещается по стационарным роlikоопорам и служит одновременно грузонесущим и тяговым органом. Лента приводится в движение одним или несколькими приводными барабанами, связанными через редуктор с двигателями.

Ленточный конвейер состоит из приводного устройства, роликового става и натяжного устройства. Конвейерная лента служит одновременно тяговым и грузонесущим органом. Ленточные конвейеры

оборудуют вспомогательными приспособлениями, к которым относятся очистные и загрузочные устройства. Все конвейеры снабжены аппаратурой управления приводом, а наклонные — устройствами, улавливающими ленту при обрыве (ловителями).

Конвейерные ленты (рис.4.2) выпускают с тканевой основой и с основой из стальных тросов.

Конвейерные ленты с тканевой основой состоят из каркаса, воспринимающего основные нагрузки на ленту, и обкладок, защищающих каркас от механических повреждений. Каркас представляет собой многослойную конструкцию, состоящую из нескольких слоев тканевых прокладок (толщиной 1,2...1,5 мм), связанных между собой тонкими резиновыми прослойками толщиной 0,2—0,3 мм. Толщина верхней обкладки составляет 3-6 мм, нижней 1-3 мм. Тканевые прокладки делают из капрона, лавсана, анида, иногда из комбинированных тканей, сотканых из синтетических и хлопчатобумажных нитей.

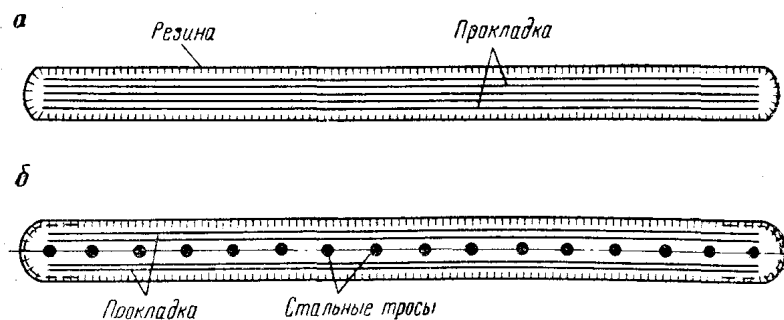


Рис. 4.2. Основные типы конвейерных лент:

а — тканевая; б — резиנותросовая

Обкладки выполняют из резины или поливинилхлорида. Толщина верхней обкладки (на которой лежит груз) больше, чем нижней. Прочность тканевых конвейерных лент характеризуют разрывным

усилием (Н/мм) одной прокладки, отнесенным к 1 мм ее ширины. Запас прочности на растяжение тканевых лент 8,5-10.

Мощные конвейеры оборудуют конвейерными лентами с основой из тросов. Каркас этих лент состоит из одного слоя стальных тросов диаметром 2,5—10 мм в количестве до 160 штук. Резиновые обкладки служат для защиты тросов от механических повреждений и коррозии. Запас прочности на растяжение резинотросовых лент 6,5...8,5.

Для конвейеров, используемых на горных предприятиях, принят следующий ряд лент по ширине: 650; 800; 1000; 1200; 1400; 1600; 1800; 2000; 2500; 3000 мм.

В связи с тем, что заводами выпускаются ленты отрезками длиной не более 300 м, при монтаже приходится соединять концы для образования бесконечной ленты. Соединение концов производят как в мастерской, так и непосредственно на конвейере. К соединениям предъявляют требования возможно малого ослабления ленты в месте стыка, отсутствия заметного утолщения, сохранения гибкости стыка и долговечности.

В некоторых случаях для соединения концов применяют шарнирные металлические скобы, крючки или соединение внахлестку заклепками. Прочность и долговечность таких соединений невелика. Наилучшие результаты дает соединение горячей или холодной вулканизацией. Длина стыка как многопрокладочных, так и резинотросовых лент должна быть на 200—400мм больше ширины ленты. Горячая и холодная вулканизация применяется также при профилактическом ремонте поверхности ленты.

Роликовый став ленточного конвейера предназначен для поддержания грузовой и порожняковой ветвей конвейерной ленты и для

направления ее движения. Средняя часть подземных ленточных конвейеров состоит из разборных секций длиной 2,5 м, которые соединяются между собой, образуя роликовый став представляет собой металлоконструкцию, на которой устанавливают роlikоопоры. Иногда роlikоопоры, поддерживающие грузовую ветвь ленты, прикрепляют к двум параллельно натянутым стальным канатам, которые поддерживаются специальными опорами.

Роlikоопоры собирают из отдельных роликов. Роlikоопоры для грузовой ветви (обычно трехроликовые) состоят из планок и кронштейнов, на которых закреплены ролики. Такие роlikоопоры называют жесткими в отличие от гибких, навешиваемых на параллельно натянутые канаты. Внутренние концы осей роликов гибких роlikоопор соединяют шарнирами или угольниками, внешние - при помощи крючьев или специальных зажимов закрепляют на канатах.

Для порожняковой ветви применяют одно- или двухроликовые опоры. Закрепляют их на ставе при помощи специальных кронштейнов.

Роlikоопоры ленточных конвейеров по назначению разделяются на линейные, центрирующие, амортизирующие.

Помимо линейных роlikоопор, на конвейере устанавливают специальные центрирующие, служащие для направления движения ленты. Поворотная балка, на которой установлены ролики, имеет вертикальную ось с подшипниками. Справа и слева на балке установлены на кронштейнах, вынесенных вперед, вертикальные ролики. При сбегаии ленты в сторону, например вправо, лента нажимает на правый вертикальный ролик и поворачивает всю опору на некоторый угол, который заставляет вернуться ленту в среднее положение. Если лента сойдет влево, то роlikоопора повернется левой стороной и заставит

ленту переместиться вправо. Так, поворачиваясь вправо и влево, ролик-опора центрирует ход ленты. Порожняя ветвь центрируется двумя плоскими роликами, установленными в нижней части секции.

В местах перегрузки или загрузки конвейера устанавливают амортизирующие ролик-опоры, у которых ролики покрыты резиной для смягчения ударов от падающих на ленту кусков горной массы.

Приводное устройство предназначено для приведения ленты в движение и передачи тягового усилия. Приводное устройство состоит из рамы, на которой монтируются приводные и отклоняющие барабаны. Валы приводных барабанов через редуктор и эластичные муфты соединяют с электродвигателями.

Привод ленточного конвейера состоит из одного или двух, иногда трех барабанов, редуктора, двигателя, соединительных муфт и устройства для очистки ленты. Основным типом приводов ленточных конвейеров являются двухбарабанные с одним или с двумя электродвигателями.

Однодвигательный двухбарабанный привод с зубчатым редуктором имеет жесткую кинематическую связь. В связи с этим на втором барабане, где лента менее натянута, имеет место повышенное скольжение, что приводит к быстрому ее износу. В двухбарабанном приводе с независимыми двигателями барабаны имеют отдельные приводы с гидравлическим регулированием вращения при помощи турбо-муфт. Такая схема не имеет указанных недостатков.

В штрековых конвейерах с шириной ленты 800, 1000 и 1200 мм и приводами мощностью 110 кВт и более используется схема заправки ленты 1, изображенная на рис. 4.3. Эта схема также предусматривает неприводной разгрузочный барабан, что упрощает устройство перегрузочного узла, но лента соприкасается с поверхностью каждого

приводного барабана нерабочей (чистой) стороной. Отклоняющие барабаны устанавливаются на подвижных каретках и связываются между собой натяжным устройством.

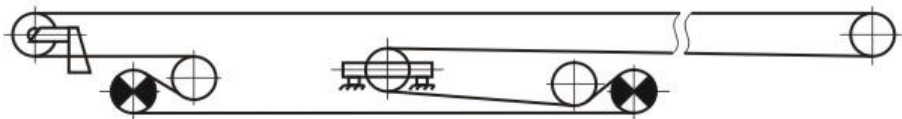
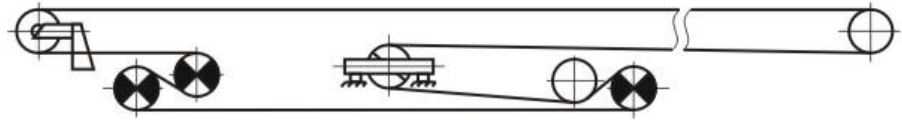
Схема обводки лентой приводных барабанов	Угол обводки
Схема 1 	460°
Схема 2 	480 °
Схема 3 	690°
Схема 4 с барабанным промприводом 	710°

Рис. 4.3. Основные схемы запасовки ленты на приводе конвейера

Наибольшей компактностью обладают двухбарабанные приводы с разгрузочным неприводным барабаном, расположенным на стреле. В этом конвейере схема 2 обводки (запасовки) ленты барабанов изображена на рис. 4.3. Как видно из схемы, первый приводной барабан соприкасается с грузовой (грязной) поверхностью ленты, из-за чего резко снижается сцепление, на поверхность барабана налипает слой

мелкой руды, что приводит к разрушению верхних обкладок и снижению срока службы ленты. По этой причине такие приводы используются только на участковых конвейерах шириной ленты 800, 1000 мм и небольшой длины с двигателями мощностью от 55 до 132 кВт.

В магистральных конвейерах шириной ленты 1000, 1400, 1600 мм с трехбарабанными приводами мощностью 250 кВт и более рекомендуется схема запасовки ленты 3, изображенная на рис. 4.3, в которой лента огибает приводные барабаны с углом обводки 710° . Приводные барабаны имеют два или три двигателя с редукторами.

При транспортировании горной массы на расстояние более 1500 м применяют промежуточные приводы (барабанные или ленточные) схема 4 рис. 4.3, которые располагают на рабочей ветви ленты для повышения тягового усилия.

Конвейеры с приводами до 55 кВт снабжаются асинхронными двигателями с короткозамкнутыми роторами; при мощности до 100 кВт устанавливаются турбомуфты; при мощности более 100 кВт применяют асинхронные двигатели с фазовым ротором и турбомуфтами на приводах.

Приводы конвейеров, предназначенные для работы в наклонных выработках, снабжаются стопорными и тормозными устройствами, которые допускают вращение приводных барабанов только в одном направлении. При остановке загруженного конвейера стопорные устройства автоматически включаются и препятствуют движению ленты. К таким устройствам относятся ленточный останов, роликовый останов и электромагнитные тормоза.

В качестве привода ленточных конвейеров в угольных шахтах применяются взрывозащищенные асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором, серий МА36, ВАО, ВР мощностью до

110 кВт и с фазным ротором серий МА36 и ВАОК мощностью свыше 100 кВт (табл. 4.4). Для обеспечения плавности пуска электродвигатели с короткозамкнутым ротором применяются совместно с турбомуфтами. С целью достижения равномерного распределения нагрузки между несколькими приводами используют однотипные электродвигатели с идентичными характеристиками.

Таблица 4.4. *Типы конвейерных электродвигателей*

Электродвигатель ленточных конвейеров	Мощность кВт
Асинхронный короткозамкнутый:	
КОФ41	40
ВР20024	45
ЭДКОФ43/4	55
ВР25054	75
КО52-4К	90
МА36-42/4	100
МА36-51/6Ф	125
МА36-51/4	125
Асинхронный фазный:	
МА36-71/6Ф	250
АКВ-37-6	500

Приводные станции ленточных конвейеров различаются количеством приводных барабанов, типом передаточного механизма, наличием или отсутствием тормозных устройств, турбомуфт, мощностью электродвигателя и др.

Наиболее просты однобарабанные приводные станции с одним двигателем. Они комплектуются редукторами КЦН-100 или РЦД-1150 и электродвигателями мощностью 40, 55 и 100 кВт, а также электромагнитным колодочным тормозом. Такие приводы широко применяются в конвейерах типажного ряда с шириной ленты 800 и 1000 мм.

Для конвейеров большой длины или для работы по наклонным выработкам применяются двухбарабанные приводы с одним электро-

двигателем и жесткой кинематической связью между барабанами или с отдельными электродвигателями для каждого барабана.

Приводные станции с независимыми приводными барабанами составляют типовую конструкцию, собираемую из унифицированных узлов (всего четыре типа).

Ленточные конвейеры снабжаются также вспомогательными приводами для управления автоматической натяжной станцией. Для всех моделей конвейеров предусмотрено пять типоразмеров приводных блоков (станций) (табл. 4.5).

Таблица 4.5. *Технические данные приводных блоков ленточных конвейеров*

Типовой блок	Номинальные		Тип ротора асинхронного электродвигателя	Ленточный конвейер
	мощность, кВт	напряжение, В		
I	40	380; 660	Короткозамкнутый	1Л800, 2Л800, 1ЛТ800, 2ЛБ800
II	55	380; 600	»	2Л800, 2ЛБ800, 2ЛТ800, 1ЛТ1000
III	100	380; 660	»	1Л1000К, 1ЛБ1000, 2ЛБ1000
IV	250	660; 1140	Фазный »	2Л800, 1Л1000, 1ЛУ1000 2ЛУ1000, 1ЛУ1200, 2ЛУ1200, 2ЛЛ1000, 2ЛБ1200
V	500	6000	»	2ЛУ1600

Необходимая суммарная мощность для каждого приводного барабана достигается комбинацией нескольких типовых блоков.

Натяжные устройства служат для натяжения конвейерной ленты, чтобы не допустить чрезмерного провеса ее между роlikоопорами. На стационарных конвейерах обычно применяют грузовые натяжные устройства, создающие постоянное натяжение; на переносных конвейерах — винтовые или гидравлические.

Очистные устройства служат для удаления с конвейерной ленты остатков налипшего груза после разгрузки конвейера и уста-

навливаются на холостой ветви. В качестве очистительных устройств применяют скребки, вращающиеся щетки, плужки. Наиболее эффективны вращающиеся щетки с щетиной из капрона или резины.

4.3. Скребковые конвейеры

Транспортирование насыпных грузов скребковыми конвейерами осуществляется волочением по неподвижному желобу с помощью тягового органа, состоящего из одной или нескольких цепей с укрепленными на них перегородками-скребками, погруженными в слой насыпного груза. Скребковые конвейеры, предназначенные для доставки руды, перемещают груз с помощью скребкового тягового органа непосредственно по почве или по специальному настилу.



Рис. 4.4. Сребковый конвейер марки СП

Наибольшее распространение скребковые конвейеры получили при доставке полезного ископаемого по очистному забою. Их также применяют при повышенных углах наклона в качестве тормозных конвейеров для ограничения скорости насыпных грузов при спуске

вниз. Кроме того, скребковые конвейеры специальных типов используют на поверхности шахт, в том числе на обогатительных фабриках.

Преимущества скребковых конвейеров: их высокая прочность, безотказность в работе, способность работать на трассах с небольшими искривлениями как в вертикальной, так и в горизонтальной плоскостях. По мере необходимости скребковые конвейеры можно легко укорачивать и удлинять, можно загружать в любом месте по длине става. Скребковые конвейеры по сравнению с конвейерами других типов имеют небольшую высоту става, что облегчает их загрузку.

Недостатки скребковых конвейеров: следует в первую очередь отнести сам принцип перемещения груза волочением, что связано с большим сопротивлением движению, быстрым износом рештаков и тягового органа, измельчением транспортируемого материала и, как следствие, снижением его сортности.

Современные скребковые конвейеры имеют производительность, достигающую 570 т/ч, длину става до 300 м и суммарную мощность приводных станций до 275 кВт. Максимальный угол наклона, при котором скребковые конвейеры могут транспортировать насыпные грузы, достигает 20°, а для тормозных конвейеров — 40°. При больших углах наклона начинается пересыпание груза через скребки.

Классификация скребковых конвейеров может быть осуществлена по ряду признаков:

по назначению — доставочные, тормозные и агрегатные (входят в состав выемочных комплексов или агрегатов);

по числу тяговых цепей — одно-, двух- и трехцепные;

по типу грузонесущего органа — с волочением груза по желобу или по почве;

по способу перемещения в забое — переносные (разборные) и передвижные (неразборные);

но взаимному расположению ветвей тягового органа — а) с расположенными одна над другой рабочей и холостой ветвями; б) с расположенными в горизонтальной плоскости обеими ветвями; в) с ветвями, расположенными в плоскостях наклоненных под некоторым углом одна к другой.

От угла установки скребкового конвейера, способа загрузки и расстояния между скребками зависит характер транспортирования горной массы. Если высота загруженной на конвейер горной массы больше высоты скребков, то в процессе транспортирования горная масса перемещается по желобу сплошным непрерывным потоком, что является нормальным режимом работы скребкового конвейера. При частичном заполнении желоба или наклонном (свыше $+3^\circ$) расположении става конвейера и транспортировании вверх по восстанию горная масса скапливается порциями перед скребками и перемещается прерывным потоком, что приводит к снижению производительности скребкового конвейера.

Для транспортирования горной массы из подготовительных забоев применяют разборные скребковые конвейеры, которые выпускают в трех основных исполнениях:

- одноцепной с одной тяговой цепью со скребками, расположенной по оси решетчатого става (рис.4.5);
- двухцепной с двумя тяговыми цепями, расположенными в направляющих ручьях решета;
- двухцепной с двумя тяговыми цепями, сближенными и вынесенными из направляющих ручьев решета.

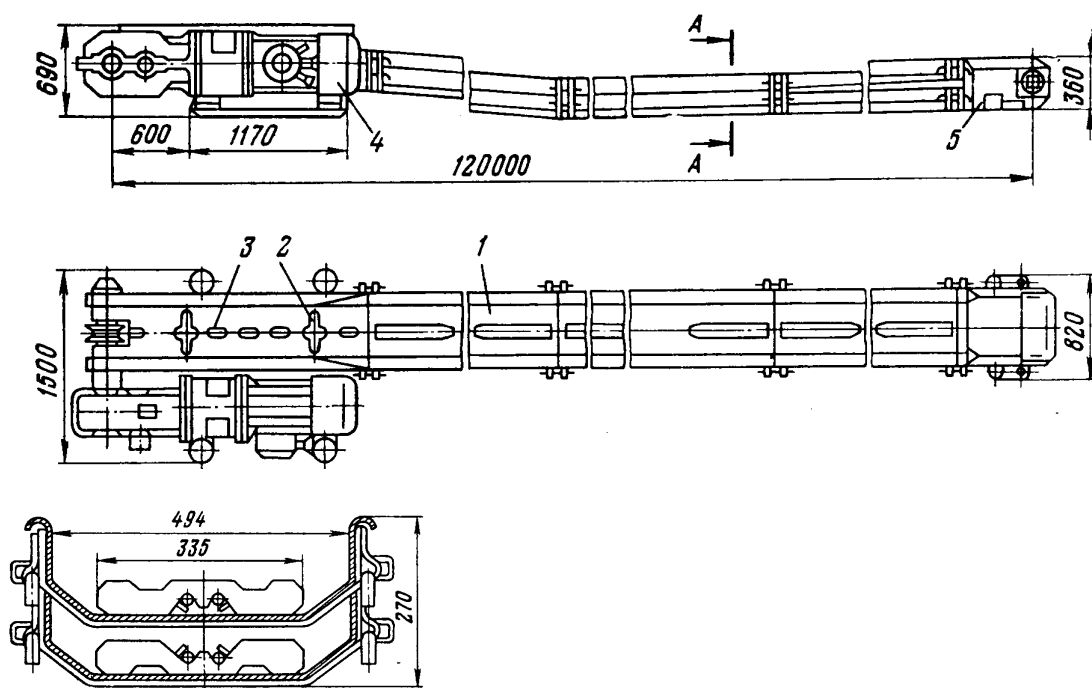


Рис.4.5. Переносной скребковый конвейер 1С-50:

1 –желоб-рештак, 2 – скребки, 3 – тяговая цепь, 4 –приводная станция, 5 – концевая головка

В качестве *тягового органа* в скребковых конвейерах применяют в основном круглозвенные сварные высокопрочные цепи, реже штампованные разборные и пластинчатые цепи. Последние используют на специальных скребковых конвейерах, установленных в днищах кузовов самоходных вагонов, питателях и перегружателях. Штампованные цепи применяют на относительно легких разборных конвейерах, так как они допускают разборку в любом месте по длине става. Недостатки этих цепей — большая масса, малая прочность и возможность самопроизвольного рассоединения при ослаблении цепи. Круглозвенные цепи по сравнению с другими обладают высокой прочностью и износостойкостью, пространственной гибкостью.

Круглозвенные цепи изготавливают и поставляют отрезками длиной 880—960 мм, которые соединяют между собой и со скребками С-образными звеньями.

Приводная станция скребкового конвейера состоит из электродвигателя, соединительной или предохранительной муфты (гидромуфты) и цилиндрического редуктора, обычно объединенных в единый блок, и приводного вала со звездочками. Для скребкового конвейера с тяговым цепным органом характерно неравномерное движение тяговой цепи ввиду периодического изменения мгновенного радиуса навивки цепи на приводную звездочку. Ввиду возможности возникновения больших динамических усилий скорость цепи в транспортных установках непрерывного действия обычно принимают в пределах 0,3—1,6 м/с.

На скребковом конвейере допускается установка от одного (с приводом до 25 кВт) до четырех приводных блоков: два — в головной части и два — в хвостовой. В современных конструкциях подземных скребковых конвейеров в приводных блоках между редуктором и двигателем устанавливают гидромуфту, которая, предохраняя элементы конвейера от перегрузки, обеспечивает плавный запуск конвейера и снижение динамических усилий. Электродвигатели применяют асинхронные с короткозамкнутые трехфазного тока.

Гидромуфта устроена таким образом, что внешняя ее оболочка, приводимая во вращение электродвигателем, является центробежным насосом, подающим находящуюся внутри гидромуфты жидкость на лопатки турбинного колеса, соединенного с редуктором привода конвейера.

Став скребкового конвейера собирают из отдельных унифицированных рештаков, представляющих собой штампованные или свар-

ные желоба, закрепленные между собой быстроразъемными соединениями (проушинами со стержневыми затворами) или болтами. Длина отдельного рештака 1—2,5 м. Днище рештаков в местах их соединения друг с другом для увеличения долговечности армируют пластинками из твердого сплава.

В конструкциях разборных конвейеров рештаки укладывают один над другим, образуя открытый желоб для верхней рабочей ветви и закрытый желоб для нижней порожней ветви. Для увеличения вместимости и исключения просыпи на рештаках устанавливают дополнительные боковые борта.

Концевую головку конвейера выполняют с жесткой или подвижной концевой секцией, снабженной винтовым или гидравлическим натяжным устройством. В некоторых конструкциях скребковых конвейеров на концевой головке отсутствует натяжное устройство, а натяжение цепи производят приводом. При выполнении этой операции один конец цепи жестко крепят на приводе стопорной собачкой и кратковременными включениями реверсируют двигатель, натягивая при этом второй конец цепи. От обратного вращения привод удерживается храповым механизмом, устанавливаемым на выходном валу редуктора.

Согласно унифицированному ряду, выпускают четыре основных типа скребковых конвейеров: переносные разборные одноцепные типа С; переносные разборные двухцепные типа СР; передвижные двухцепные типа СП; переносные одноцепные типа СК с консольными скребками и ветвями, расположенными в одной горизонтальной плоскости. Цифра, следующая за буквенным обозначением может обозначать ширину рабочего желоба в сантиметрах или модификацию завода изготовителя. [15, 18]

4.4. Пластинчатые конвейеры

В пластинчатых конвейерах (рис. 4.6) функции тягового и грузонесущего органов разделены, перемещение горной массы осуществляется пластинчатым полотном, выполняющим функции только грузонесущего органа. Функции тягового органа выполняют одна или две цепи, на которых закреплено грузонесущее полотно. Перемещение груза производится по ходовым роликам, движущихся вместе с грузонесущим полотном по направляющим.



Рис. 4.6. Пластинчатый питатель

В подземных условиях пластинчатые конвейеры могут применяться на всех звеньях транспортной цепочки от забоя до околоствольного двора. Пластинчатые конвейеры способны перемещать насыпные грузы практически любой крупности и крепости, исключая мелкозернистые и пылевидные материалы, а также могут быть использованы для доставки крепежных материалов и оборудования.

Наиболее широко в шахтах применяют пластинчатые питатели предназначенные для равномерной подачи насыпных материалов кусковатостью не более 0,5 ширины полотна в рабочие машины или на транспортирующие устройства, они могут устанавливаться как горизонтально, так и с наклоном к горизонту до 15° . [10]

Преимущества пластинчатых конвейеров — возможность транспортирования крупнокусковой абразивной горной массы, а также транспортирования по криволинейным выработкам с малыми (до 10 м) радиусами закруглений и выработкам под большими углами наклона (до 40°); большая длина конвейера в одном ставе при применении промежуточных приводов. имеют малое сопротивление перемещению пластинчатого полотна; допускают установку промежуточных приводов, что увеличивает длину транспортирования без перегрузок; если пластины имеют выштампованные выступы или специальные перегородки; создают меньшее измельчение угля, чем скребковые и даже ленточные конвейеры.

Недостатки — большая металлоемкость; большая масса движущихся частей; сложная конструкция пластинчатого полотна, пластины которого в процессе эксплуатации деформируются, вызывая просыпь мелочи; высокая трудоемкость монтажа.

Сравнительно невысокая производительность пластинчатых конвейеров (серийные модели для угольных шахт имеют максимальную производительность 750 т/ч) объясняется малой скоростью движения пластинчатого полотна (до 1,06 м/с, в исключительных случаях — до 1,5 м/с), при протяженности от 500 м и более, угол установки $\pm 6^\circ$.

Пластинчатые конвейеры, применяемые в горнодобывающей промышленности, по своему назначению делятся на магистральные, участковые, крутонаклонные и специальные.

Пластинчатые конвейеры (рис. 4.7) состоят из грузонесущего полотна, тягового цепного органа, опорного става, приводной и натяжной станций.

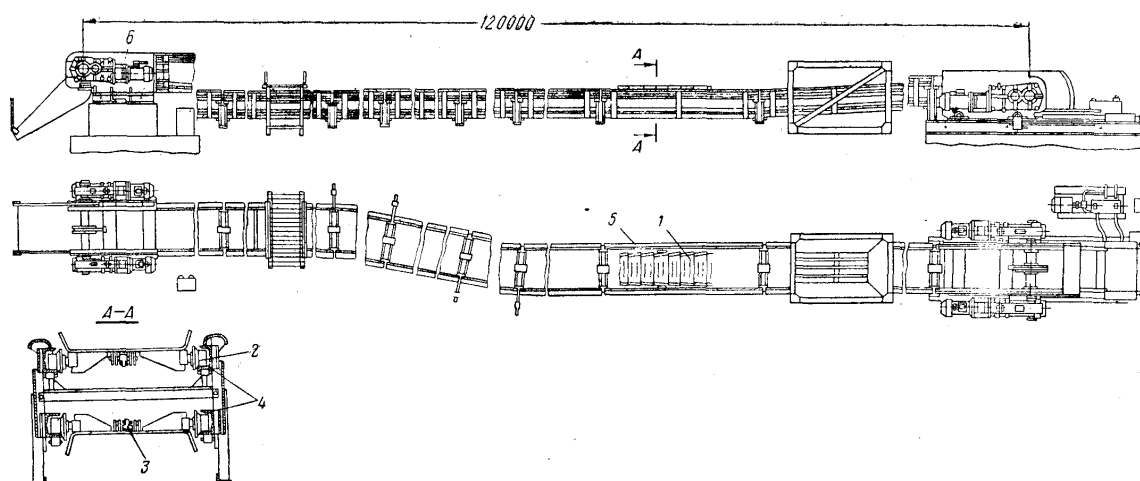


Рис. 4.7. Пластинчатый конвейер П-65:

1 — грузонесущее полотно; 2 — ходовые (реже стационарные) роликовые опор; 3 — тяговый цепной орган; 4 — направляющие для верхней и нижней ветвей конвейера; 5 — став конвейера; 6 — приводная и натяжная станция

Грузонесущее полотно состоит из несущих пластин и ходовых кареток. Пластины изготовляют горячей или холодной штамповкой из листовой стали толщиной 3...4 мм для угольных конвейеров и 6...8 мм — для рудных. Днище пластин имеет выштампованные или приваренные ребра жесткости, которые одновременно играют роль перегородок, удерживающих груз от скатывания.

Согласно ГОСТ, для конвейеров различной производительности принят следующий ряд пластин по ширине: 500, 650, 800, 1000, 1200 и 1400 мм. Высота бортов у изготавливаемых конвейеров находится в пределах 50—200 мм.

Между собой пластины соединяют встык или внахлестку. Последнее соединение' благодаря своей простоте получило более широкое распространение.

Пластины, снабженные ходовыми роликами, называют ходовыми каретками. Ходовые ролики крепят на консольных полуосях или

на сквозных осях. Сквозные оси обеспечивают большие жесткость и прочность грузонесущего полотна, однако могут быть установлены только на коротких пластинах. Диаметр поверхности катания ходовых роликов принимают равным 100—120 мм. Ролики снабжены ребордами.

Опорный став пластинчатого конвейера состоит из верхних и нижних направляющих для ходовых роликов, опорных ступей и поперечных связей. Направляющие могут быть выполнены из швеллеров, уголков, рельсов и двутаврового профиля. Длина прямолинейных секций принимается равной 3...3,5 м, вследствие чего обеспечивается достаточно удобная доставка и монтаж конвейера в горных выработках. Длину направляющих в секциях, предназначенных для изогнутых участков трассы, принимают в два раза меньшей.

Приводные станции, состоят из приводного вала с одной или двумя звездочками, редуктора, гидромуфты и электродвигателя.

Обычно пластинчатые конвейеры оборудуют одним или двумя концевыми приводами. Если тягового усилия, развиваемого концевыми приводами, недостаточно, то устанавливают промежуточные приводы.

В хвосте пластинчатого конвейера устанавливают натяжную станцию, обеспечивающую необходимое предварительное натяжение цепи. Предварительное натяжение принимают из условия обеспечения допустимого провеса пластинчатого полотна между ходовыми каретками. Натяжную станцию обычно применяют винтового, реже гидравлического типа.

Для осуществления транспортирования груза на любое расстояние без перегрузок и увеличения запаса прочности цепей применяют промежуточные приводы.

К магистральным горизонтальным пластинчатым конвейерам относятся конвейеры марки П65М и П80 (П — пластинчатый; цифры — ширина полотна, см; М — модернизированный). Длина магистральных конвейеров в зависимости от числа приводов колеблется от 1200 до 1600 м.

Кроме указанных могут использоваться специальные конвейеры например КФР-2 (К — конвейер, Ф — футерованный, Р — рудничный) для транспортирования абразивных крупных кусков в рудной промышленности.

Каждый из указанных типов конвейеров является многоприводной транспортной системой, так как в зависимости от характеристики трассы и протяженности выработки конвейер помимо головного привода может оснащаться хвостовым и промежуточным приводами.

4.5. Специальные конвейеры

В определенных условиях эксплуатации применяют крутонаклонные ленточные, ленточно-канатные и ленточно-цепные конвейеры.

Крутонаклонные ленточные конвейеры предназначены для транспортирования горной массы под углом наклона свыше 18° . Так, например, на перегружателях с углами установки $23\text{—}30^\circ$ применяют ленты, на рабочей поверхности которых привулканизированы выступы и рифы, равные двойной толщине ленты и обеспечивающие удержание на ленте мелкокусовой горной массы.

В крутонаклонных конвейерах с углами установки $40\text{—}60^\circ$ применяют ленты с поперечными перегородками и гофрированными бортами.

Ленточно-канатные конвейеры - функции несущего органа выполняет специальная лента невысокой прочности, а функции тягового органа — два стальных каната.

Ленточно-канатные конвейеры (рис. 4.8) являются уникальными установками и используются в магистральных выработках большой протяженности и на поверхности при грузопотоках от 1000 до 3000 т/ч и обеспечение длины в одном ставе до нескольких километров (иногда 10—15 км).

В подземных условиях длина транспортирования 5...8 км в одном ставе, производительность по углю 700...1000 т/ч, по руде 2000 т/ч, угол наклона до 16° .

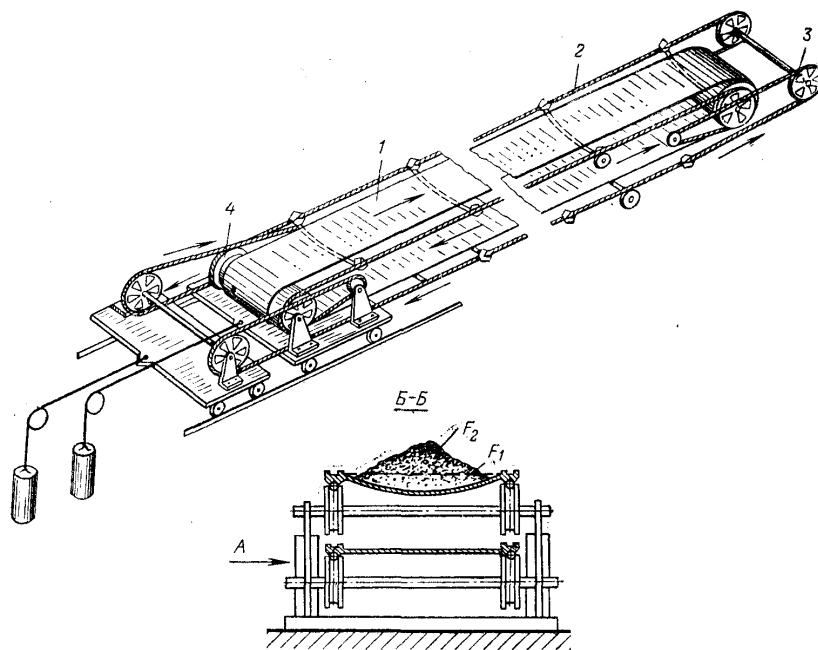


Рис. 4.8. Схема ленточно-канатного конвейера со специальной лентой

В ленточно-цепных конвейерах (рис .4.9) функции несущего органа выполняет лента, а тягового — одна или несколько цепей. Ввиду сложности конструкции и ограниченной скорости транспор-

тирования эти конвейеры не получили распространения в горно-добывающей промышленности.

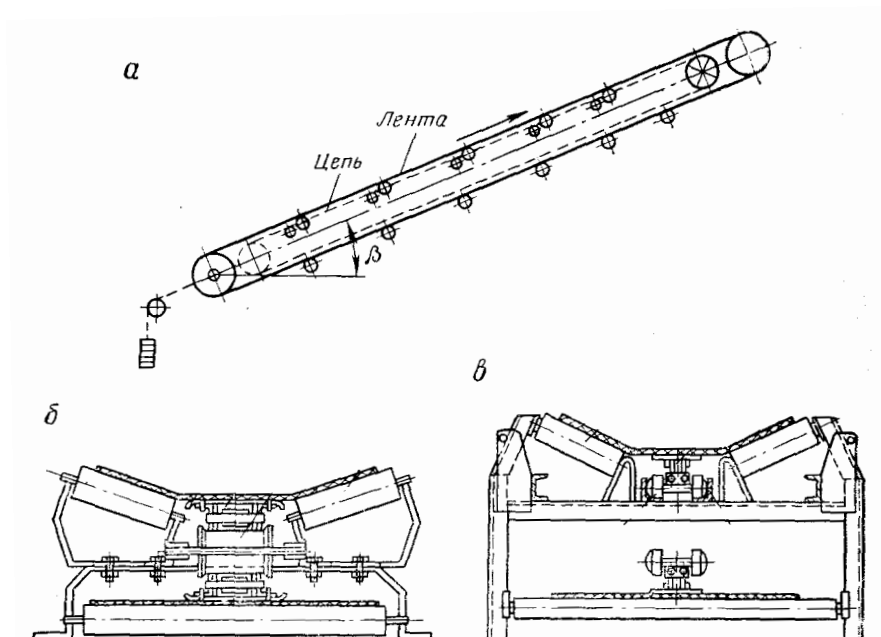


Рис. 4.9. Схема конвейера со свободно лежащей на цепях лентой:

а — общая схема; б — вариант со стационарными роликами для цепи- в — с ходовыми роликами

Существуют ленточные конвейеры со стационарными скользящими опорами из различных пластиков с малым коэффициентом трения в паре с лентой на магнитной и воздушной подушках, в которых рабочая ветвь ленты поддерживается магнитным подвешиванием или струями воздуха.

4.6. Расчет ленточного конвейера

4.6.1. Расчет производительности конвейера и выбор ширины ленты

Расчет и выбор ленточного конвейера состоит в определении производительности, сил сопротивления движению ленты, мощности двигателя, наибольшего натяжения ленты и её размеров.

Расчетную производительность конвейера, т/ч, определяют по заданной сменной производительности

$$Q = \frac{Q_{см} k_n}{t_{см} k_в}, \quad (4.1)$$

где $Q_{см}$ – сменная производительность участка, т/см;

k_n – коэффициент неравномерности загрузки конвейера, $k_n = 1,0..1,25$;

$t_{см}$ – время работы в смену, ч;

$k_в$ – коэффициент использования конвейера во времени, $k_в = 0,7...1,0$.

Производительность ленточного конвейера, т/ч, определяется из выражения:

$$Q = b^2 \nu \gamma k_1 k_2 K_n, \quad (4.2)$$

где b – рабочая ширина ленты ($b = 0,9B - 0,05$), м;

ν – скорость движения ленты, м/с;

γ – насыпная плотность груза, т/м³;

k_1 – коэффициент, учитывающий условия эксплуатации ($k_1 = 1$ – для стационарной и $k_1 = 0,95$ – для полустационарной установок);

k_2 – коэффициент снижения площади поперечного сечения насыпного груза на ленте, берется по табл. 4.6;

K_n – коэффициент производительности, принимаем по табл. 4.7.

Таблица 4.6. Значения коэффициента k_2 для конвейеров с гладкой лентой

Подвижность груза	Угол естественного откоса в покое, град	Угол $\pm\beta$ наклона конвейера					
		5	10	15	18	20	22-24
Легкая	30...35	0,95	0,9	0,85	0,82	0,8	-
Средняя	40...45	1,0	0,98	0,95	0,93	0,9	0,8
Малая	50...56	1,0	1,0	0,98	0,96	0,95	0,9

Таблица 4.7. Значения коэффициентов производительности K_n

Тип роlikоопор	Подвижность частиц груза		
	легкая	средняя	малая
Однороликовая (плоская)	250	330	420
Двухроликовая с углом наклона ролика, град:			
15	500	580	660
20	570	615	660
Трехроликовая с углом наклона ролика, град:			
20	470	550	660
30	550	625	700
36	590	660	730
45	635	690	750

Коэффициент производительности определяется также из выражения

$$K_n = \frac{3600F}{(0,9B - 0,05)^2}, \quad (4.3)$$

где F – площадь поперечного сечения груза на ленте, m^2 (табл. 4.8);

B – ширина ленты,

Таблица 4.8. Формулы для расчета площади поперечного сечения груза F на ленте горизонтального конвейера

Тип роlikоопоры	Диапазон ширины ленты B , мм	Угол наклона боковых роlikов, β°	Формулы для расчета F , m^2
Однороликовая	400...3000	-	$F=0,25b^2tg\varphi_d$
Двухроликовая	400...650	15	$F=b^2(0,081+0,22tg\varphi_d)$
		20	$F=b^2(0,125+0,125tg\varphi_d)$
Трехроликовая		20	$F=b^2(0,068+0,233tg\varphi_d)$
		30	$F=b^2(0,096+0,214tg\varphi_d)$
		36	$F=b^2(0,109+0,202tg\varphi_d)$
		45	$F=b^2(0,13+0,17tg\varphi_d)$

Примечание: φ_d – угол естественного откоса в движении, приближенно равен $\varphi_d=0,7\varphi$ от угла естественного откоса в покое.

Определив расчетную производительность, находят необходимую ширину ленты для конвейера, м

$$B = 1,1 \left(\sqrt{\frac{Q}{K_n k_1 k_2 v \gamma}} + 0,05 \right). \quad (4.4)$$

Полученная ширина ленты по приемной способности должна быть проверена по кусковатости. Для этого находят необходимую по кусковатости ширину ленты B_k :

- для рядового материала, содержащего куски максимальных размеров в количестве до 10 % от общей массы,

$$B_k \geq 2a_{max} + 200;$$

- для сортированного материала,

$$B_k \geq 3,3a_{cp} + 200;$$

где a_{max} , a_{cp} – соответственно наибольший и средний размеры куска, мм.

Определенная по производительности и проверенная по кусковатости груза ширина ленты округляется до предусмотренной нормальным рядом по ГОСТ 22644-77 ($B=650; 800; 1000; 1200; 1400; 1600; 1800; 2000$ мм).

Если требуемая по условию размера куска ширина ленты получается больше расчетной, предварительно принятую скорость движения снижают до значения, обеспечивающего выполнение условия $B_k \geq B$.

По принятой ширине ленты и требуемой производительности уточняют скорость транспортирования (м/с)

$$v = \frac{Q}{K_n (0,9B - 0,05)^2 \gamma}. \quad (4.5)$$

Полученное значение скорости округляют до ближайшего большего значения скорости по ГОСТ 22644-77 $v = 0,8; 1; 1,25; 1,6;$

2,0; 2,5; 3,15 м/с (допускается отклонение от указанных величин в пределах 10 %). Применяемая скорость движения ленты на подземных конвейерах 2,0; 2,5 м/с, допустимая скорость до 4 м/с, в наклонных конвейерах, галереях и на поверхности до 5,5 м/с.

Таблица 4.9. Максимально допустимая скорость движения ленты, м/с

Транспортируемый материал	Ширина конвейерной ленты, мм					
	650	800	1000	1200	1600	2000
Необразивный, непылящий (влажный концентрат)	3,5	4	4	4,5	-	-
Малообразивный (гравий мелкий)	2	2,25	3	3,5	3,5	4
Абразивный (щебень, мелкая руда, шлак и т.п.)	2	2,5	2,5	2,5	2,5	3
Сильноабразивный, крупный (сортированный агломерат и т.д.)	1,6	1,75	2	2	2	2,5
Крупнокусковый (руда, камень)	1,75	2	2	2,5	2,5	3

4.6.2. Тяговый расчет ленточного конвейера

Тяговый расчет выполняют методом обхода по контуру с учетом отдельных видов распределенных и сосредоточенных сопротивлений по трассе конвейера.

Предварительно определяют сопротивления грузовой W_g и порожняковой W_n , Н, ветвей ленты конвейера:

$$W_g = (q_g + q_l + q_p')gL \cos \beta \omega' \pm (q_g + q_l)gL \sin \beta, \quad (4.6)$$

$$W_n = (q_l + q_p'')gL \cos \beta \omega'' \pm q_l gL \sin \beta, \quad (4.7)$$

где q_z, q_l, q_p', q_p'' – массы соответственно груза, ленты, вращающихся частей роlikоопор на верхней (рабочей) и нижней (порожняковой) ветвях ленты на 1м длины конвейера, кг/м;

L – длина конвейера (расстояние между осями концевых барабанов), м;

g – ускорение свободного падения, $g=9,8 \text{ м/с}^2$;

β – угол наклона конвейера, град;

ω' – коэффициент сопротивления движению верхней ветви ленты (для трехроlikовой направляющей при $L \leq 100 \text{ м}$ $\omega' = 0,025 \dots 0,045$, при $L \geq 100 \text{ м}$ $\omega' = 0,022 \dots 0,042$);

ω'' – коэффициент сопротивления движению нижней ветви ленты на прямых однороlikовых опорах, $\omega'' = 0,022 \dots 0,04$ (наибольшее значение принимают для тяжелых условий, а наименьшее – для средних условий работы).

Масса груза на 1м длины конвейера, кг/м

$$q_z = \frac{Q}{3,6v}. \quad (4.8)$$

Масса ленты на 1м длины конвейера, кг/м:

$$q_l = m_l B, \quad (4.9)$$

где m_l – масса 1 м² ленты (кг) конвейера, зависит от типа ленты и конструктивных особенностей и определяется по каталожным данным (табл. 4.10 и 4.11).

Массу вращающихся частей верхних и нижних роlikоопор на 1м длины конвейера, кг/м, определяют по формулам:

$$q_p' = \frac{m_{\theta}}{l_{\theta}}; \quad q_p'' = \frac{m_H}{l_H}, \quad (4.10)$$

где $m_{\text{в}}$, $m_{\text{н}}$ – массы вращающихся частей соответственно верхней и нижней ро-ликоопоры, принимаются по данным завода-изготовителя (табл. 4.12);

$l_{\text{в}}$, $l_{\text{н}}$ – расстояние соответственно между соседними верхними ролико-опорами и между соседними нижними роликоопорами, м (по табл. 4.13).

Таблица 4.10. *Технические данные резиноканевых лент*

Лента	Проклад-ка	Толщина об-кладки, мм		Число про-кладок	Разрыв-ное уси-лие отне-сенное к 1мм ши-рины проклад-ки, Н	Масса, кг/м ²
		верхней	нижней			
БКНЛ-65	Лавсан	3	1,5	4...10	65	10...12
БКНЛ-100	Лавсан	3	1,5	3...8	100	10,5...12,5
ТА-100	Анид	4,5...6	2	3...8	100	10...12
ТК-100	Капрон	4,5...6	2	3...8	100	10,5...12,5
ТА-300	Анид	4,5...6	2	4...10	300	10...11
ТК-300	Капрон	4,5	2	4...10	300	10...12,5
ТА-400	Анид	4,5...6	2	4...8	400	11...13
ТК-400	Капрон	4,5...6	2	4...8	400	10...14

Таблица 4.11. *Технические данные резинотросовых лент*

Лента	Разрыв-ное уси-лие, от-несенное к 1мм, Н	Ширина ленты, мм	Толщина резиновых об-кладок, мм		Масса 1 м ² ленты, кг
			рабочей	нерабочей	
РТЛ 500	500	800	4,5	2,5	20,5
РТЛ 1000	1000	800...1000	4	4	25
РТЛ 1500	1500	800...1200	5,5	5,5	29
РТЛ 2500	2500	1000...2000	5	5	37
РТЛ 3150	3150	1200...2400	4,5	4,5	43
РТЛ 5000	5000	1200...2400	4,5	4,5	59

Таблица 4.12. *Вес вращающихся частей роlikоопор для конвейеров с различной шириной ленты*

Ширина ленты, мм	Желобчатая роlikоопора				Прямая роlikоопора	
	в нормальном исполнении		в тяжелом исполнении		диаметр ролика, мм	масса, кг
	диаметр ролика, мм	масса, кг	диаметр ролика, мм	масса, кг		
400	102	10	-	-	102	6,0
500	102	11,5	-	-	102	7,5
650	102	12,5	-	-	102	10,5
800	89	8,5	-	-	89	7,7
800	127	22	159	45	127	19,0
1000	127	25	159	50	127	21,5
1200	127	29	159	57	127	26
1400	159	50	194	108	159	40
1600	159	60	194	115	159	48
2000	-	-	219	194	-	-

Таблица 4.13. *Расстояние между роlikоопорами на грузовой ветви конвейера, м*

Плотность транспортируемого груза, т/м ³	Расстояние между роlikоопорами при ширине ленты					
	400 мм	650 мм	800 мм	1000 мм	1400... 1600 мм	1800... 2000 мм
До 1,0	1,5	1,4	1,4	1,3	1,2	1,1
1,1...2,0	1,4	1,3	1,3	1,2	1,1	1,0
Более 2,0	1,3	1,2	1,2	1,1	1,0	0,9

Примечание. При транспортировании крупнокусковых грузов диаметром более 300 мм указанные в табл. 4.8 расстояния между роlikоопорами уменьшаются на 20 %. Расстояние между роlikоопорами порожняковой ветви берется в 2 раза больше расстояния между опорами в грузовой ветви, но не должно превышать 3 м.

При тяговом расчете методом обхода по контуру обход контура конвейера начинают от точки сбегания ленты с приводного барабана или от точки наименьшего натяжения ленты.

Натяжение ленты в каждой последующей по ходу точке контура равно натяжению в предыдущей плюс сумма сопротивлений на участках между этими точками, Н:

$$S_n = S_{n-1} + \sum_{n-1}^n W. \quad (4.11)$$

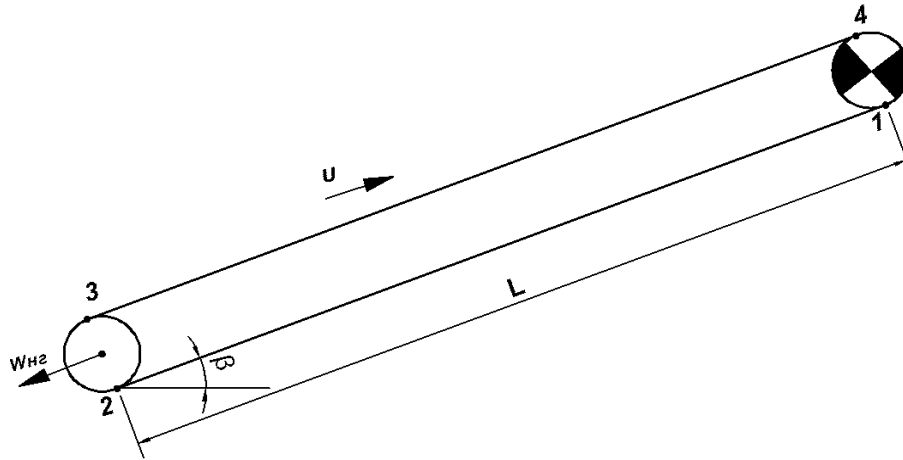


Рис. 4.10. Расчетная схема замкнутого тягового органа, работающего в уклоне

Например, для конвейера (рис. 4.10), устанавливаемого на уклоне:

$$S_2 = S_1 + W_{1-2};$$

$$S_3 = 1,05 S_2;$$

$$S_4 = S_3 + W_{3-4}.$$

Передаваемое ленте от барабанов тяговое усилие равно разности натяжения набегающей $S_{нб}$ и сбегающей $S_{сб}$ ветви ленты, Н

$$W_0 = S_{нб} - S_{сб}. \quad (4.12)$$

Сила трения между барабаном и лентой должна быть не менее тягового усилия W_0 , в противном случае будет иметь место скольжение (буксование) ленты по барабану.

Условие отсутствия скольжения выражается формулой Эйлера

$$\frac{S_{нб}}{S_{сб}} \leq e^{\mu\alpha}, \quad (4.13)$$

где $e^{\mu\alpha}$ - тяговый фактор, берется из табл. 4.14;

μ - коэффициент трения ленты о барабан;

α - угол обхвата лентой барабана, радиан (в двухбарабанных проводах $\alpha=\alpha_1+\alpha_2$, т.е. сумма углов обхвата на 2-х барабанах);

e – основание натурального логарифма, $e=2,72$.

Учитывая, что $S_4=S_1e^{\mu\alpha}$, и решая систему уравнений, определяют S_1 , а затем натяжение во всех остальных точках.

Тяговое усилие на окружности приводного барабана, Н

$$W_0=S_{нб}-S_{сб}=S_4-S_1=S_{сб}(e^{\mu\alpha}-1). \quad (4.14)$$

Таблица 4.14. Значения тягового фактора $e^{\mu\alpha}$

Род барабана и атмосферные условия	Коеф. сцепления, μ	Угол обхвата α , град									
		180	210	240	270	300	330	360	380	400	480
Обточенный барабан и очень влажная атмосфера	0,1	1,37	1,44	1,52	1,60	1,69	1,78	1,88	1,94	2,01	2,32
Футерованный резиной барабан и очень влажная атмосфера	0,15	1,60	1,73	1,88	2,03	2,20	2,38	2,57	2,71	2,85	3,51
Обточенный барабан и влажная атмосфера	0,2	1,88	2,08	2,31	2,57	2,85	3,17	3,52	3,78	4,05	5,34
Футерованный резиной барабан и влажная атмосфера	0,25	2,20	2,50	2,85	3,25	3,71	4,23	4,83	5,26	5,74	8,17
Обточенный барабан и сухая атмосфера	0,3	2,57	3,01	3,52	4,12	4,82	5,64	6,60	7,33	8,14	12,35
Обточенный барабан и сухая чистая атмосфера	0,35	3,01	3,61	4,34	5,22	6,29	7,53	9,05	10,12	11,55	18,78
Барабан футерованный резиной и сухая атмосфера	0,4	3,52	4,34	5,35	6,60	8,14	10,04	12,39	14,25	16,38	28,56

Приближенное (без учета местных сопротивлений) значение тягового (окружного) усилия $W_0=W_r+W_n$, при $W_0>0$ режим работы двигательный, $W_0<0$ - тормозной, установка самодействующая, работает в режиме асинхронного генератора.

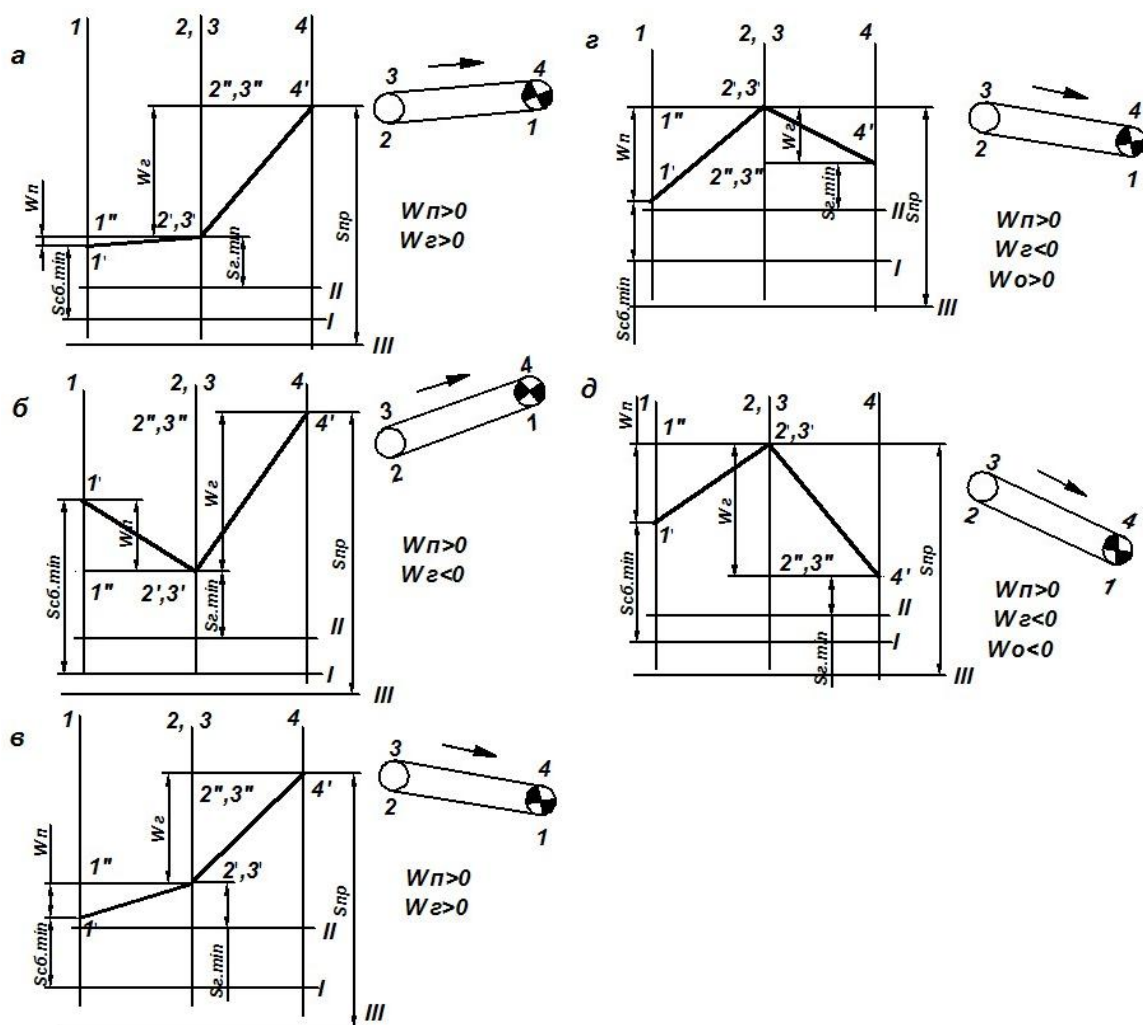


Рис 4.11. Диаграммы натяжения конвейерной ленты, при разных углах наклона конвейерной установки:

а – б – при работе конвейера на подъём; в – г – при работе конвейера на спуск

Минимальное необходимое (из условий отсутствия проскальзывания на барабане) натяжение ленты в точке сбегаения:

$$\text{При двигательном режиме } S_{сб}^{\min} = \frac{\kappa_m W_0}{e^{\mu\alpha} - 1},$$

$$\text{При тормозном режиме } S_{сб}^{\min} = \frac{\kappa_m / W_0 / e^{\mu\alpha}}{e^{\mu\alpha} - 1}.$$

где κ_m – запас тяговой (тормозной) способности привода, 1,2...1,3;
 $e^{\mu\alpha}$ – тяговый фактор привода.

Более уточненный тяговый расчет ленточного конвейера основан на определении всех видов сопротивлений по контуру ленты, начиная с точки сбегания ленты с приводного барабана.

Общее сопротивление движению ленты складывается из суммы сопротивлений, возникающих по всей трассе конвейера:

$$W_0 = W_z + W_n + W_{\bar{o}} + W_{kp} + W_{zag} + W_{paz} + W_{och}, \quad (4.15)$$

где W_z , W_n – сопротивления движению ленты на прямолинейных участках соответственно грузовой и порожниковой ветвей, Н;

$W_{\bar{o}}$ – сопротивление на отклоняющих или поворотных барабанах, Н;

W_{kp} – сопротивление движению ленты на криволинейных участках, Н;

W_{zag} – сопротивление в месте загрузки ленты транспортируемым грузом, Н;

W_{paz} – сопротивления, возникающие от разгрузки ленты, Н;

W_{och} – сопротивления очистных устройств, Н.

Сопротивление движению при огибании отклоняющего или поворотного барабанов, Н

$$W_{\bar{o}} = S_n (k_4 - 1), \quad (4.16)$$

где S_n – натяжение набегающей ветви, Н;

k_4 – обобщенный коэффициент сопротивления (принимается по табл. 4.15).

Таблица 4.15. Значения коэффициентов k_4 и k_5

Коэффициент	Угол обхвата барабана или отклонения роликпор, град	Значение коэффициентов для условий работы	
		тяжелых	очень тяжелых
k_4	< 90	1,03	1,04
	90	1,04	1,05
	180	1,05	1,06
k_5	< 15	1,05	1,05
	15...30	1,05	1,06

Сопротивление движению при отклонении ленты роликовой батареей выпуклостью вверх, Н

$$W_{kp} = S_n (k_5 - 1), \quad (4.17)$$

где k_5 - обобщающий коэффициент сопротивления (см. табл. 4.10).

Сопротивление движению в месте разгрузки конвейера, Н:

$$W_{заг} = 0,1q_z(\nu_0^2 - \nu_1^2)g + fh_6^2\gamma l_6 k_6 + k_7 l_6, \quad (4.18)$$

где f - коэффициент трения груза о стенки металлических бортов (для угля - 0,35...0,40, сухой породы - 0,5..0,6, влажной породы - 0,8...0,9);

l_6 - длина загрузочных бортов, м;

k_6 - коэффициент бокового давления $k_6 = 0,6...0,9$;

k_7 - удельное сопротивление трению уплотнительных резиновых полос о ленту (при $B < 1000$ мм $k_7 = 30...50$ кН/м; при $B > 1000$ мм $k_7 = 60...100$ кН/м);

ν_0 - скорость транспортирования, м/с;

ν_1 - проекция скорости движения груза на направление движения ленты, м/с;

h_6 - высота борта, м.

В практических расчетах значение $(\nu_0^2 - \nu_1^2)$ можно принимать 2...10 м²/с² при высоте наклонной стенки воронки соответственно 1...10 м.

Сопротивление движению в месте очистительного устройства, Н:
- скребкового типа (скрепки и плужки)

$$W_{оч} = p_c B, \quad (4.19)$$

где p_c - удельное сопротивление очистки, $p_c = 300...500$ Н/м (меньшее значение для неабразивного сухого груза, большее значение для влажного абразивного груза);

- щеточного типа с собственным приводом

$$W_{оч} = 0,2 p_{щ} v_{щ} B, \quad (4.20)$$

где $p_{щ}$ – удельное сопротивление очистителя (для сухих и влажных, но не липких грузов – 200...250 Н/м; для влажных и липких – 300...350 Н/м);

$v_{щ}$ – скорость очистителя, м/с.

Определив сумму сосредоточенных и распределенных сопротивлений на трассе конвейера, находят натяжение набегающей и сбегающей ветвей ленты у привода $S_{нб}$ и $S_{сб}$.

При заданном угле обхвата лентой барабана α и коэффициенте сцепления между лентой и барабаном μ натяжения набегающей $S_{нб}$ ветви ленты будет равно, Н

$$S_{наб} = W_{\max} \frac{e^{\mu\alpha}}{e^{\mu\alpha} - 1}. \quad (4.21)$$

Натяжения сбегающей $S_{сб}$ ветви ленты, Н:

$$S_{сб} = S_{нб} - W_0. \quad (4.22)$$

Для предотвращения недопустимого провеса ленты между роlikоопорами полученные при тяговом расчете минимальные значения натяжения $S_{\min}$ на грузовой и порожняковой ветвях, ни в одной точке наименьшего натяжения контура ленты не должны быть меньше расчетной допустимой стрелы провеса, Н:

$$S_{z.\min} = (5...8)(q_z + q_l)l_g g \cos \beta, \quad (4.23)$$

$$S_{n.\min} = (5...8)q_l l_n g \cos \beta. \quad (4.24)$$

Если условия не соблюдаются, пересчитывают натяжение ленты, предварительно определяя значения $S_{z.\min}$ и $S_{n.\min}$.

Мощность приводного двигателя определяется из выражения, кВт:

- для двигательного режима

$$N = k_{зан} \frac{W_0 v}{1000 \eta}, \quad (4.25)$$

где $k_{зан}$ – коэффициент запаса мощности, $k_{зан} = 1,1 \dots 1,2$;

η - КПД привода, $\eta = 0,8 \dots 0,85$;

- для генераторного режима

$$N = k_{зан} \frac{W_0 / \nu \eta}{1000}. \quad (4.26)$$

4.6.3. Расчет конвейерной ленты на прочность

Выбор многопрокладочных тканевых лент производится по необходимой прочности ленты при разрыве, которая определяется сопротивлением разрыву одной прокладки и числом прокладок

$$i = \frac{S_{max} m}{B \sigma_p}, \quad (4.27)$$

где S_{max} - максимальное расчетное натяжение ленты, Н;

m – нормативный коэффициент запаса прочности ленты (табл. 4.16)

σ_p - разрывное усилие одной прокладки, отнесенное к 1 мм её ширины, Н/мм (табл. 4.10);

B – ширина ленты, мм.

Выбор резинометаллической ленты основан на проверке ленты по расчетному коэффициенту запаса прочности:

$$m_p = \frac{B \sigma_p}{S_{max}} > m, \quad (4.28)$$

Таблица 4.16. Коэффициент запаса прочности ленты

Тип ленты	Значение m для конвейера с углом наклона	
	до 10°	свыше 10°
Резинотканевая с прокладками : из комбинированной ткани; синтетическими	10	11...12
	9	10
Резинометаллическая	7...8	9...10

4.6.4. Пример расчета ленточного конвейера

Определить производительность, силы сопротивления движению ленты, мощность двигателя, ширину ленты и произвести выбор типа и параметров ленты.

Сменная производительность участка $Q_{см}=2200$ т/см; длина транспортирования $L=400$ м; угол наклона конвейера $\beta=17^\circ$, транспортирование по уклону вверх; крупность кусков горной массы $a_{max}=300$ мм; плотность горной массы в разрыхленном состоянии $\gamma=1,6$ т/м³; время смены - 7 ч; угол естественного откоса в покое - 40° .

Принимаем привод двухбарабанный с углом обхвата $\alpha=480^\circ$, опоры трехроликовые с углом наклона боковых роликов 30° .

Расчетная производительность конвейера

$$Q = \frac{Q_{см} k_H}{t_{см} k_B} = \frac{2200 \cdot 1,2}{7 \cdot 0,9} = 420 \text{ т/ч.}$$

Находим необходимую ширину ленты для конвейера

$$B = 1,1 \left(\sqrt{\frac{Q}{K_n k_1 k_2 \nu \gamma}} + 0,05 \right) = 1,1 \left(\sqrt{\frac{420}{625 \cdot 1 \cdot 0,94 \cdot 2,0 \cdot 1,6}} + 0,05 \right) = 0,57 \text{ м.}$$

Ширина ленты по крупности кусков для рядового материала, содержащего куски максимальных размеров в количестве до 10 % от общей массы,

$$B = 2a_{max} + 200 = 2 \cdot 300 + 200 = 800 \text{ мм.}$$

Принимаем ширину ленты $B=800$ мм.

Минимальная скорость транспортирования груза

$$\nu_{\min} = \frac{Q}{K_n (0,9B - 0,05)^2 \gamma} = \frac{420}{625 \cdot (0,9 \cdot 0,8 - 0,05)^2 \cdot 1,6} = 1,8 \text{ м/с.}$$

С учетом резерва производительности и характеристики скоростей уклонных конвейеров принимаем скорость движения ленты $v = 2,0$ м/с.

Тяговый расчет ленточного конвейера

Масса груза на 1 м длины конвейера

$$q_z = \frac{Q}{3,6v} = \frac{420}{3,6 \cdot 2,0} = 59 \text{ кг/м.}$$

Масса ленты на 1 м длины конвейера

$$q_l = m_l B = 12 \cdot 0,8 = 9,6 \text{ кг/м.}$$

Предварительно для расчета принимаем синтетическую ленту с прокладками из капрона ТК-300, с массой 1 м^2 ленты конвейера $m_l = 12 \text{ кг/м}^2$.

Масса вращающихся частей роlikоопор на 1 м длины конвейера:

$$\text{- верхней роlikоопоры } q_p' = \frac{m_e}{l_e} = \frac{22}{1,3} = 16,9 \text{ кг/м;}$$

$$\text{- нижней роlikоопоры } q_p'' = \frac{m_n}{l_n} = \frac{19}{2,6} = 7,3 \text{ кг/м.}$$

Сопротивления грузовой и порожняковой ветвей ленты конвейера:

$$\begin{aligned} W_z &= (q_z + q_l + q_p') g L \cos \beta \omega' + (q_z + q_l) g L \sin \beta = \\ &= (59 + 9,6 + 16,9) \cdot 9,8 \cdot 400 \cdot \cos 17^\circ \cdot 0,04 + (59 + 9,6) \cdot 9,8 \cdot 400 \cdot \sin 17^\circ = 90100 \text{ Н;} \\ W_n &= (q_l + q_p'') g L \cos \beta \omega'' - q_l g L \sin \beta = \\ &= (9,6 + 7,3) \cdot 9,8 \cdot 400 \cdot \cos 17^\circ \cdot 0,03 - 9,6 \cdot 9,8 \cdot 400 \cdot \sin 17^\circ = -8100 \text{ Н.} \end{aligned}$$

Произведем расчет натяжения ленты методом обхода по контуру. Наименьшее натяжение ленты будет в точке 2 (рис. 4.10). Найдем силу натяжения во всех точках расчетного контура. Сила натяжения S_1 сбегающей ветви ленты в точке 1 неизвестна.

$$S_1$$

$$S_2 = S_1 + W_{1-2} ;$$

$$S_3 = 1,05 S_2 ;$$

$$S_4 = S_3 + W_{3-4} .$$

Принимая во внимание уравнение Эйлера и подставляя его для точки 4 находим S_1 и все остальные искомые значения.

По уравнению Эйлера $S_4 = S_1 e^{\mu\alpha}$ находим значение тягового фактора по табл. 4.14 для футерованного резиной барабана и влажной атмосферы с углом обхвата $\alpha = 480^\circ$ тяговый фактор $e^{\mu\alpha} = 8,17$, тогда:

$$S_4 = 8,17 S_1 .$$

$$S_2 = S_1 - 8100 ;$$

$$S_3 = 1,05 S_2 = 1,05 (S_1 - 8100) = 1,05 S_1 - 8505 ;$$

$$S_4 = S_3 + 90100 = 1,05 S_1 - 8505 + 90100 = 1,05 S_1 + 81595 .$$

Подставляем в систему уравнение Эйлера:

$$8,17 S_1 = 1,05 S_1 + 81595 ;$$

$$S_1 = 81595 / 7,12 = 11460 \text{ Н} ;$$

$$S_2 = S_1 - 8100 = 11460 - 8100 = 3360 \text{ Н} ;$$

$$S_3 = 1,05 S_1 - 8505 = 1,05 \cdot 11460 - 8505 = 3530 \text{ Н} ;$$

$$S_4 = 1,05 S_1 + 81595 = 1,05 \cdot 11460 + 81595 = 93630 \text{ Н} .$$

Наименьшее допустимое натяжение ленты грузовой ветви (точка 3) и порожней ветви (точка 2) из-за провисания её между роликками:

$$S_{2.min} = 5(q_c + q_l) l_g g \cos \beta = 5 \cdot (59 + 9,6) \cdot 9,8 \cdot \cos 17 = 3220 \text{ Н} ;$$

$$S_{n.min} = 5 q_l l_n g \cos \beta = 5 \cdot 9,6 \cdot 2,6 \cdot 9,8 \cdot \cos 17 = 1170 \text{ Н} .$$

Так как $S_{2.min} = 3220 \text{ Н} < S_3 = 3530 \text{ Н}$ и $S_{n.min} = 1170 \text{ Н} < S_2 = 3360 \text{ Н}$, то перерасчет натяжения ленты производить не требуется.

Тяговое усилие на окружности приводного барабана

$$W_0 = S_{нб} - S_{сб} = S_4 - S_1 = 93630 - 11460 = 82170 \text{ Н} .$$

Мощность приводного двигателя

$$N = k_{зан} \frac{W_0 v}{1000 \eta} = 1,2 \frac{82170 \cdot 2,0}{1000 \cdot 0,85} = 232 \text{ кВт.}$$

Для привода конвейера принимаем два асинхронных двигателя трехфазного тока с короткозамкнутым ротором МА36-51/6Ф $N_{дв}=125$ кВт суммарной мощностью $N=250$ кВт.

Производим выбор конвейерной ленты по необходимой прочности ленты на разрыв, определяемой количеством прокладок в много-прокладочной тканевой ленте

$$i = \frac{S_{\max} m}{B \sigma_p} = \frac{93630 \cdot 10}{800 \cdot 300} = 4$$

Принимаем синтетическую ленту с прокладками из капрона ТК-300, количество прокладок равно 4.

В результате произведенного расчета нам необходим конвейер 2ЛУ800 для уклона с шириной ленты 800 мм и следующими параметрами: $Q_p=420$ т/ч, $v=2,0$ м/с, $N_{дв}=250$ кВт, число приводных барабанов с S-образной запасовкой ленты – 2, угол обхвата барабанов $\alpha=480^\circ$.

Контрольные вопросы

1. Назовите типы подземных конвейеров и область их применения.
2. Принцип разделения конвейеров на участковые и магистральные.
3. Расскажите принцип действия и устройство ленточных конвейеров.
4. Назовите основные схемы запасовки ленты в ленточных конвейерах и условия их применения.
5. Виды исполнения ленточных конвейеров, принципы выбора типа и ширины ленты конвейера, типоразмера приводной станции.

6. Расскажите принцип действия и устройство скребковых конвейеров.

7. Назовите область применения скребковых конвейеров, длину транспортирования и возможные углы наклона.

8. Расскажите принцип действия и устройство пластинчатых конвейеров.

9. Какие виды специальных конвейеров Вы знаете, область их использования.

10. Объясните методику тягового расчета ленточного конвейера.

Рекомендуемая литература

1. Галкин В.И. Современная теория ленточных конвейеров горных предприятий / В.И. Галкин, В.Г.Дмитриев. – М.: МГГУ, 2005. – 543 с.

2. Галкин В.И. Транспортные машины / В.И. Галкин, Е.Е. Шешко. - М.: МГГУ, 2009. – 588 с.

3. Груздев И.Н. Рудничный транспорт и механизация вспомогательных работ / И.Н. Груздев, П.А. Завгородний, В.К .Колояров. - М.:МГГУ, 2009. – 534 с.

4. Донченко А.С. Справочник механика рудной шахты. В 2 кн. Кн. 1./ А.С. Донченко, В.А. Донченко, А.А. Соснин. - М.: Недра, 1991. – 367 с.

5. Медведев В.В. Практикум к дисциплине «Внутришахтный транспорт»: учебное пособие / В.В. Медведев.- Чита: ЧитГТУ, 2000. - 60 с.

5. Гравитационный транспорт

5.1. Принцип действия и виды гравитационного транспорта

Транспортирование грузов под действием собственного веса происходит при скатывании или сползании груза по наклонной плоскости или свободном падении по вертикали.

Транспорт насыпных грузов под действием собственного веса широко применяют на рудных и угольных шахтах при добыче полезных ископаемых, при закладочных работах, при проведении восстанавливающих выработок, в технологических комплексах поверхности шахт, а также для доставки в подземные выработки по трубам бетонной, а по скатам — леса и других вспомогательных грузов.

Самотечное транспортирование (гравитационный транспорт) под действием собственного веса в подземных условиях применяется как в очистных забоях на крутых и наклонных залежах, так и в специально пройденных наклонных и вертикальных выработках (рудоспусках). Гравитационный транспорт характеризуется динамичностью грузопотока, так как при скатывании по наклонной плоскости, а также при вертикальном падении (рудоспуск) отдельные куски ископаемого, имеющие разные размеры, форму и массу, сталкиваются друг с другом или перекатываются. Поэтому средняя скорость перемещения грузопотока отличается от скорости скатывания одиночных кусков.

Преимущества самотечных установок: простота устройства; отсутствие электромеханического оборудования; большая пропускная способность; возможность использования выработок с самотечным транспортом в качестве аккумулирующих: малые поперечные разме-

ры, возможность сконцентрировать грузопоток на меньшем числе горизонтов, с которых производится подъем ископаемого на поверхность.

Недостатки: значительное измельчение п.и.; зависимость работы от свойства груза (влажность, кусковатость и др.); износ транспортирующих устройств; сложность регулирования скорости перемещения.

Конечную скорость движения куска породы при свободном падении (м/с), можно найти по формуле

$$v_k = \sqrt{v_n^2 + 2gl},$$

где v_n – начальная скорость движения куска, м/с;

l – длина пути, м.

Для установления условий, при которых возможно скольжение горной массы под действием собственного веса, рассмотрим передвижение куска горной массы по наклонной плоскости (рис. 5.1). На него действуют следующие статические силы: вес куска G (Н) и сила трения W (Н), направленная в сторону, противоположную направлению движения куска руды.

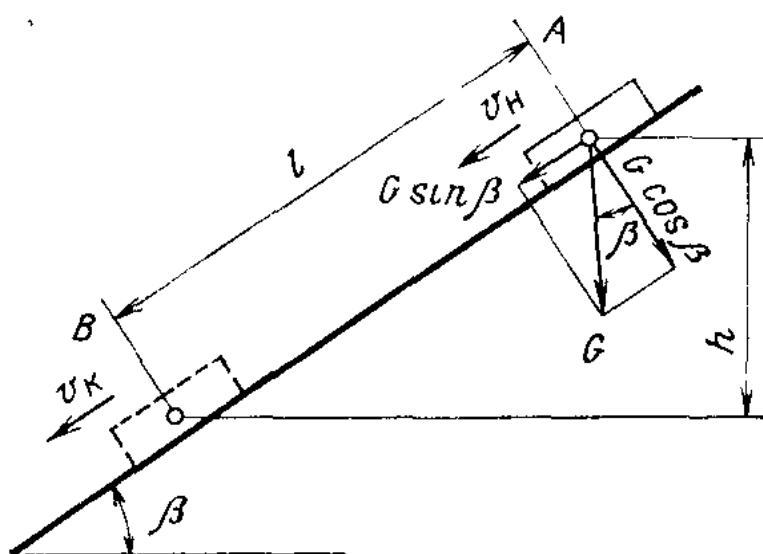


Рис. 5.1. Схема спуска груза под действием собственного веса

Разложим вес куска на две составляющие: перпендикулярную (нормальную) $G \cos \beta$ и продольную (тангенциальную) $G \sin \beta$.

Сумма статических сил в направлении движения F (Н) составляет

$$F = G \sin \beta - W. \quad (5.1)$$

Сила трения W (Н)

$$W = Gf \cos \beta, \quad (5.2)$$

где f – коэффициент трения при движении частиц по плоскости скольжения (или коэффициент трения-скольжения в покое)

Тогда сила под действием которой движется груз (Н)

$$F = G(\sin \beta - f \cos \beta). \quad (5.3)$$

Спуск груза, расположенного на наклонной плоскости, под действием собственного веса возможен при условии, что продольная составляющая веса больше силы трения, т.е.

$$G \sin \beta > Gf \cos \beta. \quad (5.4)$$

Ускорение груза будет составлять (м/с²):

$$a = \frac{Fg}{G} = g(\sin \beta - f \cos \beta). \quad (5.5)$$

Ускоренное движение $a > 0$ имеет место, если $\sin \beta > f \cos \beta$ или $\sin \beta / \cos \beta = \tan \beta > f$.

Замедленное движение $a < 0$ будет происходить, если $\sin \beta < f \cos \beta$ или $\sin \beta / \cos \beta = \tan \beta < f$.

При $\tan \beta = f$ груз, находящийся на плоскости, движется с постоянной скоростью.

Значения коэффициента трения и угла наклона при движении груза под собственным весом в различных условиях приведены в табл. 5.1.

Таблица 5.1. *Условия транспортирования груза под действием сил гравитации*

Условия транспортирования	Коэффициент трения f	Угол наклона плоскости β , град
Уголь по:		
-почве	0,7...0,8	35...38
-деревянному желобу	0,6...0,7	30...35
-стальным листам	0,3...0,5	17...25
-эмалированным рештакам	0,21...0,25	17...25
Антрацит по:		
-стальным листам	0,27...0,3	15...17
-эмалированным рештакам	-	11...13
Руда по:		
-почве	1,32...1,73	53..60
-стальным листам	0,7...1,4	35...55

Для определения конечной скорости движения частицы груза на длине пути l необходимо её кинетическую энергию приравнять к работе силы F на этом участке пути, т.е.

$$G \frac{(v_k^2 - v_n^2)}{2g} = Fl = \frac{G(\sin \beta - f \cos \beta)h}{\sin \beta}, \quad (5.6)$$

где v_n и v_k – соответственно начальная и конечная скорость движения, м/с;

l – длина пути движения груза, м;

h – вертикальная проекция пути движения, м.

Тогда конечная скорость движения (м/с)

$$v_k = \sqrt{2g(1 - f \operatorname{ctg} \beta)h + v_n^2}. \quad (5.7)$$

Длина участка разгона (м)

$$l = \frac{v_k^2 - v_n^2}{2g(\sin \beta - f \cos \beta)}. \quad (5.8)$$

Конечную скорость транспортирования не следует допускать более 2...2,5 м/с .

5.2. Способы самотечного транспортирования по наклонным и вертикальным плоскостям

Самотечный транспорт осуществляют по почве, деревянному настилу, металлическим листам, плоским или отбортованным открытым или закрытым металлическим желобам, трубам, винтовым и каскадным спускам.

Гравитационный транспорт возможен практически при следующих углах наклона: порода или уголь по почве — $35...38^\circ$; руда по почве — $50...55^\circ$; уголь по стальным листам — $17...25^\circ$; руда по стальным листам — $35...45^\circ$. [6]

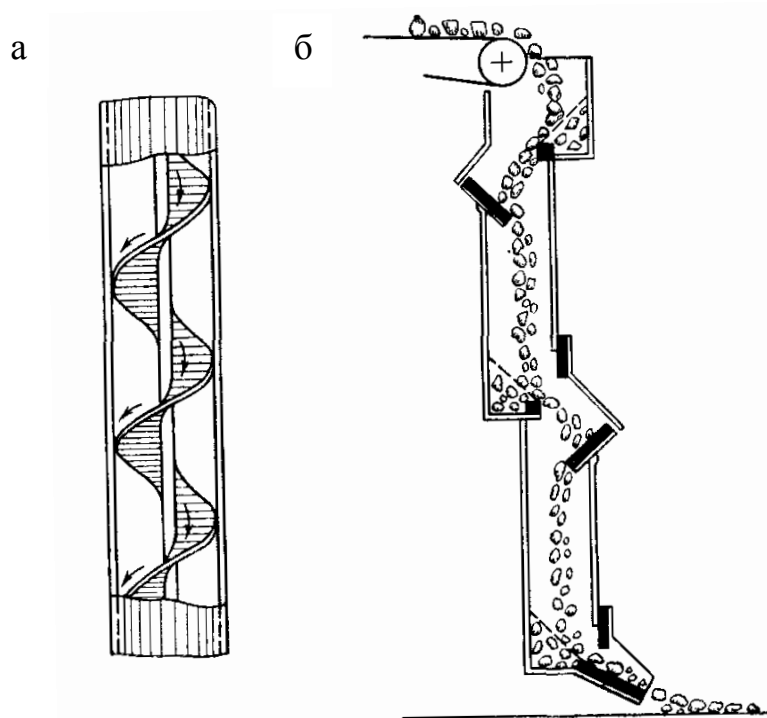


Рис. 5.2. Вертикальный спуск:

а – винтовой спуск; б – каскадный спуск

При гравитационном транспортировании угля по вертикальным выработкам во избежание значительного измельчения груза и пылеобразования, а также повреждения крепи выработки и выпускных устройств необходимо ограничивать скорость движения материала. Такое ограничение достигается полками, по которым при движении (каскадный спуск) пересыпается груз (рис.5.2.б). Последние закрепляются в стенках вертикальной выработки с наклоном в разные стороны.

При большой высоте спуска скорость движения материала, его измельчение и пылеобразование снижаются недостаточно. В этом случае вместо каскадного применяют винтовой спуск (рис. 5.2.б), представляющий собой винтовой желоб, закрепленный внутри сборной вертикальной трубы, в стенках которой через определенные расстояния устраивают люки с крышками, обеспечивающие доступ к желобу. Диаметр трубы составляет 1...1,5 м (иногда до 2,5 м), а угол наклона желоба подбирают с таким расчетом, чтобы скорость движения угля не превышала 1 м/с. Винтовые спуски применяют обычно при высотах спуска до 50 м, однако известны установки высотой до 200 м.

Вертикальный рудоспуск (рис. 5.3, а) начинается с разгрузочной камеры, которая соединяется с центральной частью (стволом) наклонной сбойкой. Нижняя часть рудоспуска обычно расширяется и выполняет функцию аккумулирующего бункера вместимостью на 2...3 ч работы откатки по штрекам.

Минимальная высота заполнения рудоспуска регламентируется высотой буферной подушки, предохраняющей разгрузочное устройство от ударов. Максимальная — заполнение на всю высоту. При этом

необходимо учитывать, что высота заполнения рудоспуска зависит от способности руды к уплотнению, слеживанию и сводообразованию.

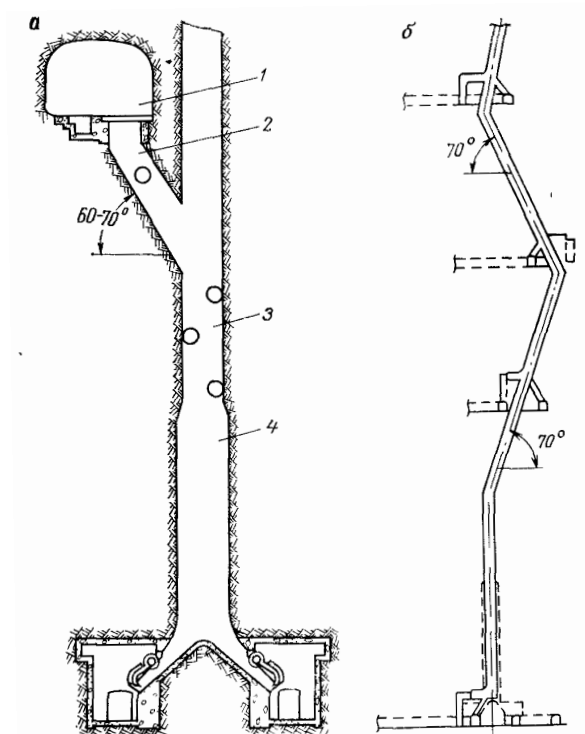


Рис. 5.3. Схемы рудоспусков:

а - вертикальный рудоспуск; 1 – разгрузочная камера; 2 – наклонная сбойка; 3 – ствол; 4 – аккумулирующий бункер; б – наклонный рудоспуск

Если несколько рабочих горизонтов обслуживаются одним рудоспуском, высота его заполнения определяется из условия необходимости разгрузки руды одновременно со всех горизонтов. В последнем случае, как правило, аккумулярование руды производится только в бункерной части. Для снижения износа ствола рудоспуска последний может иметь ломаный профиль (рис. 5.3, б).

Устья рудоспусков необходимо надежно ограждать барьерами или решетками и постоянно следить за их исправностью во избежание падения в них людей.

5.3. Конструкции люков и питателей

Для регулирования выпуска материала, накапливающегося в нижней части горной выработки, устраивают выпускные люки, оборудованные затворами различной конструкции. В местах выгрузки материала из люков следует устанавливать щиты для защиты людей от падающих кусков материала. Места выгрузки материала должны оборудоваться пылеподавляющими устройствами.

Погрузочные люки по их устройству подразделяют на две группы: с затворами и вибрационные.

В люках с затворами движение руды при загрузке ее в транспортные сосуды происходит под действием силы тяжести при открытии затвора.

Выбор типа люка зависит от количества руды, которое должно быть выпущено через него, необходимого срока службы, гранулометрического состава выгружаемой руды, размеров откаточной выработки и способа ее крепления, вместимости и размеров откаточного сосуда.

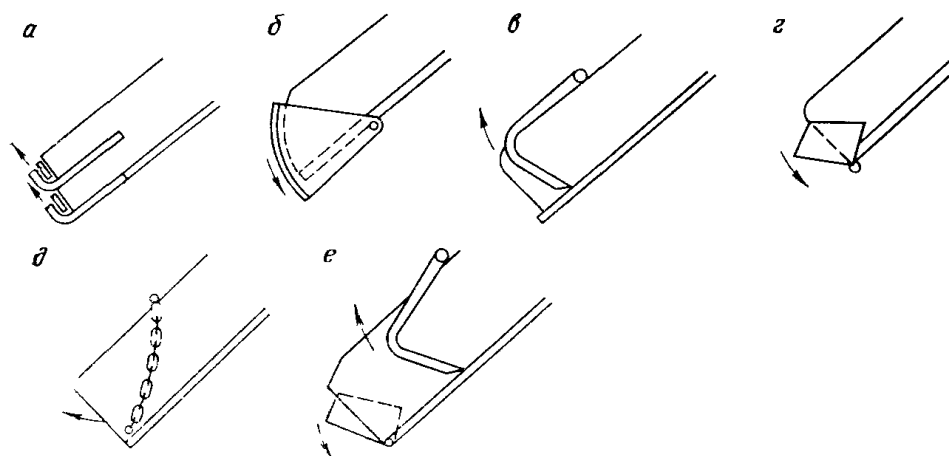


Рис. 5.4. Схемы основных типов люковых затворов:

а - с плоскими поперечными задвижками; б - с секторным; в - пальцевым; г - лотковым; д - цепным затвором; е - с комбинированным затвором.

Люки с поперечными задвижками (рис.5.4. а) применяют при разработке маломощных жил, хорошем дроблении руды и невысокой производительности блока. Затвор в люках такого типа состоит из одной или двух поперечных досок, удерживаемых железными стержнями.

Люки с одно - или двухсекторными затворами (рис.5.4. б) наиболее распространены, так как надежны в работе и могут применяться при мелкой и крупнокусковой руде (до 300...400 мм). При мелкой руде (до 200...300 мм) используют односекторные затворы, при более крупной двухсекторные. Погрузочный сектор бывает с верхней и нижней подсечкой.

Люки с пальцевым затвором (рис.5.4. в) применяют только для крупнокусковой руды. В затворе несколько «пальцев», сделанных из изогнутых рельсов. Пальцы спускаются под действием силы тяжести, а поднимаются с помощью пневмоцилиндров.

Люк с лотковым затвором (рис.5.4. г) применяют для мелкой руды. Затвор у этих люков представлен подвесным лотком, опускаемым вниз во время погрузки.

Цепной затвор (рис.5.4. д) состоит из пяти - семи якорных цепей, свободно подвешенных к стальному стержню и снабженных грузами снизу. Подъем осуществляется пневмоцилиндром, за канат перекинутый через блочек и соединяющий подъемные цепи..

При истечении груза из отверстий (люков) размер их во избежание заклинивания должен быть не менее трех диаметров максимального куска материала. Скорость истечения материала принимается по опытным данным (0,03...0,3 м/с) в зависимости от крупности кусков и площади отверстия истечения.

В вибролюках руда движется под влиянием механических колебательных перемещений основания люка. Наибольшее распространение в качестве вибролюков при выпуске горной массы из рудоспусков получили шахтные вибрационные люки типа АШЛ, ЛВО, ПВГ, ВПР-4М, ПВМ.

Виброустановки большой длины, имеющие значительную массу и высокую производительность, называют вибропитателями. Их устанавливают в специальных нишах, на почву выпускной выработки. Поступление руды на вибропитатель может быть торцовое или боковое одностороннее и двухстороннее.

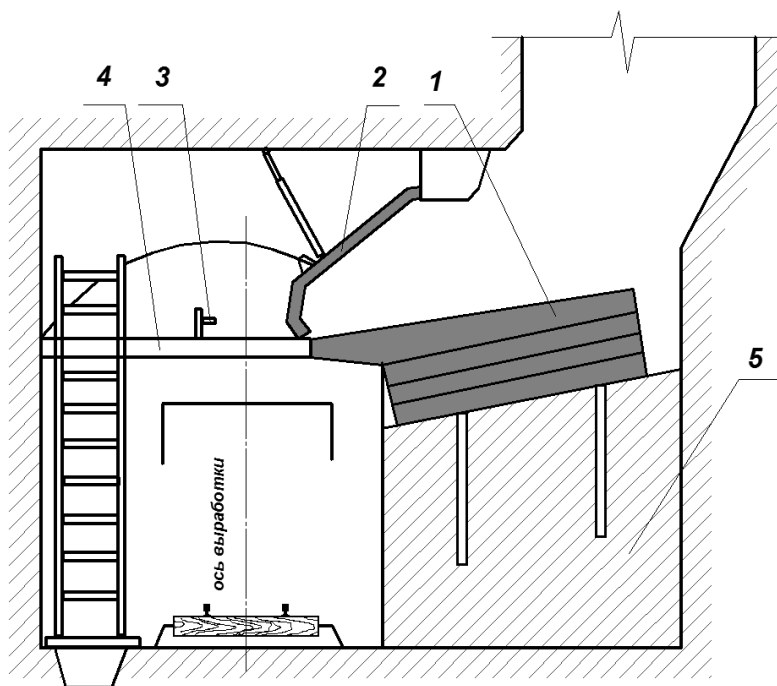


Рис. 5.5. Схема установки вибропитателя типа ПВУ:

1 — вибропитатель ПВУ; 2 — затвор; 3 — система орошения; 4 — полки; 5 — фундамент

Вибропитатели бывают двух типов: направленного и ненаправленного действия

В вибропитателях ненаправленного действия колебания грузонесущего органа совершаются только в поперечном направлении. Они

представляют собой изготовленные из рельсов или стальных листов площадки, укладываемые на почву выпускной выработки под углом $12\text{—}20^\circ$. Вибрация площадок служит вспомогательным средством для снижения действия сил внутреннего трения. Чем больше наклон, тем выше производительность, но при наклоне более 20° возможно самопроизвольное движение отдельных кусков руды по окончании загрузки вагонов. Виброплощадки таких питателей крепятся якорными цепями или тросом диаметром $15\text{—}20$ мм к удерживающему расстрелу, установленному в верхней части ниши.

Наиболее распространенным вибропитателем подобного типа является установка ВДПУ-4ТМ «Сибирячка».

Вибропитатели направленного действия ВВДР-5 и ПВУ при помощи амортизаторов обеспечивают направленность колебаний не только в вертикальной, но и в горизонтальной плоскости, вследствие чего облегчается движение руды. Вибропитатели направленного действия устанавливаются под небольшим углом ($0\text{—}10^\circ$), что исключает самопроизвольное движение кусков руды и упрощает ликвидацию завесаний руды. Опорная рама вибропитателя крепится анкерами к почве выпускаемой выработки.

Вибропитатели направленного действия обеспечивают устойчивую производительность и надежны в работе.

Контрольные вопросы

1. Расскажите принцип действия гравитационного транспорта.
2. Назовите условия транспортирования груза под действием собственного веса.
3. Назовите элементы устройства рудоспуска, устройств для ограничения скорости движения кусков руды.

4. Расскажите устройство шахтных люков, типы затворы условия их применения.

5. Как работают вибропитатели направленного и ненаправленного действия.

Рекомендуемая литература

1. Галкин В.И. Транспортные машины / В.И. Галкин, Е.Е. Шешко. - Москва: МГГУ, 2009. – 588 с.

2. Медведев В.В. Практикум к дисциплине «Внутришахтный транспорт»: учебное пособие / В.В. Медведев.- Чита: ЧитГТУ, 2000. - 60 с.

3. Подземный транспорт шахт и рудников: справочник / под общей ред. Г.Я. Пейсаковича, И.П. Ремезова. – Москва: Недра, 1985. – 565 с.

4. Пухов Ю.С. Транспортные машины: учебник / Ю.С. Пухов - Москва: Недра, 1987. – 232 с.

6. Трубопроводный транспорт

6.1. Гидравлические транспортные установки

Пневматические и гидравлические транспортные установки, в которых материал перемещается по трубам в потоке воздуха или жидкости, относятся к транспортным устройствам непрерывного действия. Этот вид транспорта часто называют трубопроводным.

Принцип действия пневматических и гидравлических транспортных установок основан на использовании свойств потока газа или жидкости оказывать давление на помещенные в них тела, а при соответствующей скорости поддерживать их во взвешенном состоянии и перемещать.

Гидро- и пневмотранспортные установки на предприятиях горной промышленности применяют для транспортирования и подъема на поверхность угля, руд и других полезных ископаемых, а также для доставки закладочных материалов с поверхности в выработанное пространство.

На рис.6.1 приведены классификация и принципиальные схемы гидротранспортных установок, применяемых в горной промышленности.

Помимо разделения по принципу действия, гидротранспортные установки классифицируют по величине создаваемого напора на низконапорные (до 30—70 м вод. ст.), среднего напора (от 70 до 160 м вод. ст.) и высоконапорные (до 500 м вод. ст.). Гидротранспорт используют для перемещения насыпных грузов, которые не размокают, не прилипают к стенкам трубопроводов и не слипаются.

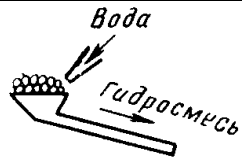
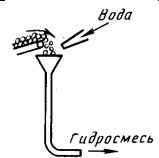
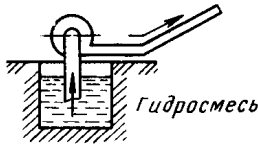
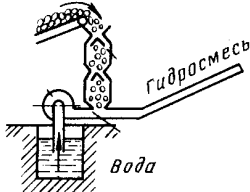
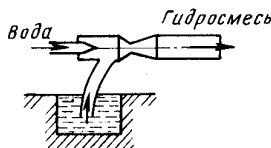
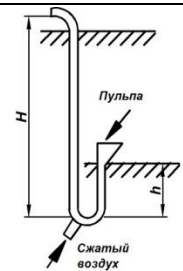
Тип	Схема
Гравитационные установки	
Гравитационные самотечные гидротранспортные установки применяют на шахтах с гидродобычей для доставки полезного ископаемого по слабо наклонным выработкам с уклоном не менее 0,03 при грузопотоках до 600 м ³ /ч.	
Гравитационные гидротранспортные установки с вертикальным участком трубопровода применяют для подачи в шахту или рудник закладочных материалов при грузопотоках до 150 м ³ /ч.	
Установки с искусственным напором	
Гидротранспортные установки с искусственным напором с пульпонасосом применяют для транспортирования п.и. по горизонтальным выработкам, подъема на поверхность шахты и далее до обогатительной фабрики. Грузопотоки, которые могут обслуживать гидротранспортные установки с пульпонасосом, достигают 1600 м ³ /ч, высота гидроподъемов, приходящаяся на один пульпонасос, достигает 300 м, а длина горизонтальных установок — 12 км.	
Гидротранспортные установки с насосом и питателем применяют для подъема груза из глубоких шахт. Высота подъема, приходящаяся на один насос и один питатель, доходит до 500 м при грузопотоке до 60 м ³ /ч. Для доставки пустой породы в отвал на поверхности имеются установки указанного типа производительностью до 1600 м ³ /ч и длиной до 10 км.	
Гидроэлеваторы (струйные насосы) применяют для обслуживания небольших грузопотоков при низких напорах и малых расстояниях, например чистки зумпфов и подачи измельченных материалов.	
Эрлифты (воздушные подъемники) используют для подъема дробленых материалов из шахт или рудников, а также при подземном выщелачивании.	

Рис. 6.1. Классификация и принципиальные схемы гидротранспортных установок

Для самотечных гидротранспортных установок применяют желоба из листовой стали (реже из пластмасс) трапецеидального или полукруглого сечения, укладываемые на почву внахлестку с уклоном от 0,03 до 0,08 в сторону движения пульпы. Для транспортирования кусковых грузов используют желоба трапецеидального сечения, так как они меньше подвергаются износу, а пескообразных и глинистых грузов — желоба полукруглой формы, которые оказывают меньшие сопротивления движению пульпы.

Для гидротранспортных установок с искусственным напором в качестве грузонесущего органа используют трубопроводы, собираемые из стальных цельнотянутых или сварных труб длиной от 2 до 6 м и диаметром до 600 мм. Трубы между собой соединяют с помощью фланцевых или специальных быстроразъемных соединений. При гидротранспорте высокоабразивных материалов применяют трубы, внутренняя поверхность которых упрочнена термообработкой, армирована литым базальтом или листовой резиной.

Трубопроводы оборудуют задвижками и вентилями, с помощью которых производят пуск, остановку и регулирование гидротранспортных установок. Наиболее распространены задвижки типа Лудло с ручным, механическим или электромеханическим приводом. Применяют также задвижки с резиновой износоустойчивой оболочкой, которая препятствует проникновению в трущиеся детали мелких частиц.

Для предохранения пульпонасосов и насосов от гидроудара при внезапной их остановке на трубопроводе устанавливают обратные клапаны.

Пульпонасосы могут быть центробежными, поршневыми или плунжерными. Наибольшее распространение получили центробежные пульпонасосы, которые обеспечивают непрерывный процесс подачи

пульпы с высокой производительностью. Принципиально центробежные пульпонасосы не отличаются от водяных центробежных насосов. Особенности их конструкции заключаются в наличии рабочих колес с малым числом лопаток и большими пропускными отверстиями для прохода кусков материала. Детали пульпонасосов выполняют из износостойких материалов, в корпусе предусматриваются люки для осмотра и очистки рабочего колеса в случае его забивки транспортируемым материалом.

Для гидротранспортных установок с насосом и питателем, используют обычные водяные насосы, чаще всего центробежные. В таких установках для подачи транспортируемого материала в напорный трубопровод применяют различного типа питатели. По принципу работы питатели могут быть непрерывного действия — с непрерывной подачей материала в трубопровод и циклического действия — с подачей материала порциями.

Гидроэлеватор состоит из корпуса, горловины, насадки и загрузочного патрубка, через который засасывается пульпа. В насадку под большим напором подается вода. Струя, выходящая из насадки, создает внутри корпуса вакуум, благодаря которому происходит засасывание пульпы, а в пульпопроводе создается напор. Достоинством гидроэлеватора являются его конструктивная простота, обеспечение непрерывной подачи пульпы, нечувствительность к попаданию внутрь гидроэлеватора воздуха, способность транспортировать сравнительно крупные фракции материала. Однако гидроэлеваторы имеют весьма низкий кпд. (0,2—0,3). В отдельных случаях их применяют для подъема мелкого угля по шахтным стволам, а также для подачи измельченных концентратов руд цветных металлов на горно-обогажительных комбинатах.

5.1. Пневматические транспортные установки

Различают всасывающие пневмотранспортные установки, нагнетательные и смешанные (рис. 6.2). В зависимости от условий эксплуатации пневмотранспортные установки выполняют стационарными и передвижными. Производительность стационарных установок достигает $125 \text{ м}^3/\text{ч}$ дробленых закладочных материалов при длине транспортирования до 1500 м. Производительность передвижных установок — до $40 \text{ м}^3/\text{ч}$ при длине транспортирования до 400 м.

Основными элементами пневмотранспортных установок являются - трубопроводы, воздуходувки или компрессоры, закладочные машины и отделители. В качестве трубопроводов применяют чугунные или стальные цельнотянутые трубы диаметром 50...250 мм. Так как при пневмотранспорте перемещение материала происходит с весьма высокими (до 10...20 м/с) скоростями и сопровождается интенсивным изнашиванием труб, то последние изготавливают толстостенными (до 12 мм), особенно при транспортировании абразивных материалов.

Для снижения износа, особенно на поворотах, внутренние стенки труб иногда футеруют вкладышами из базальта или сменными пластинами из твердой стали.

Для создания разности давления в трубопроводе в установках низкого давления (до 0,3 МПа) нагнетательного типа или разрежения (до 0,05 МПа) в установках всасывающего типа применяют воздуходувки, а для нагнетательных установок среднего и высокого давления (от 0,3 до 0,7 МПа) используют компрессоры. Иногда пневмотранспортные установки подключают к шахтной воздушной магистрали.

Питатели, или, как их принято называть, закладочные машины, предназначены для загрузки трубопроводов транспортируемым мате-

риалом. Применяют закладочные машины циклического и непрерывного действия.

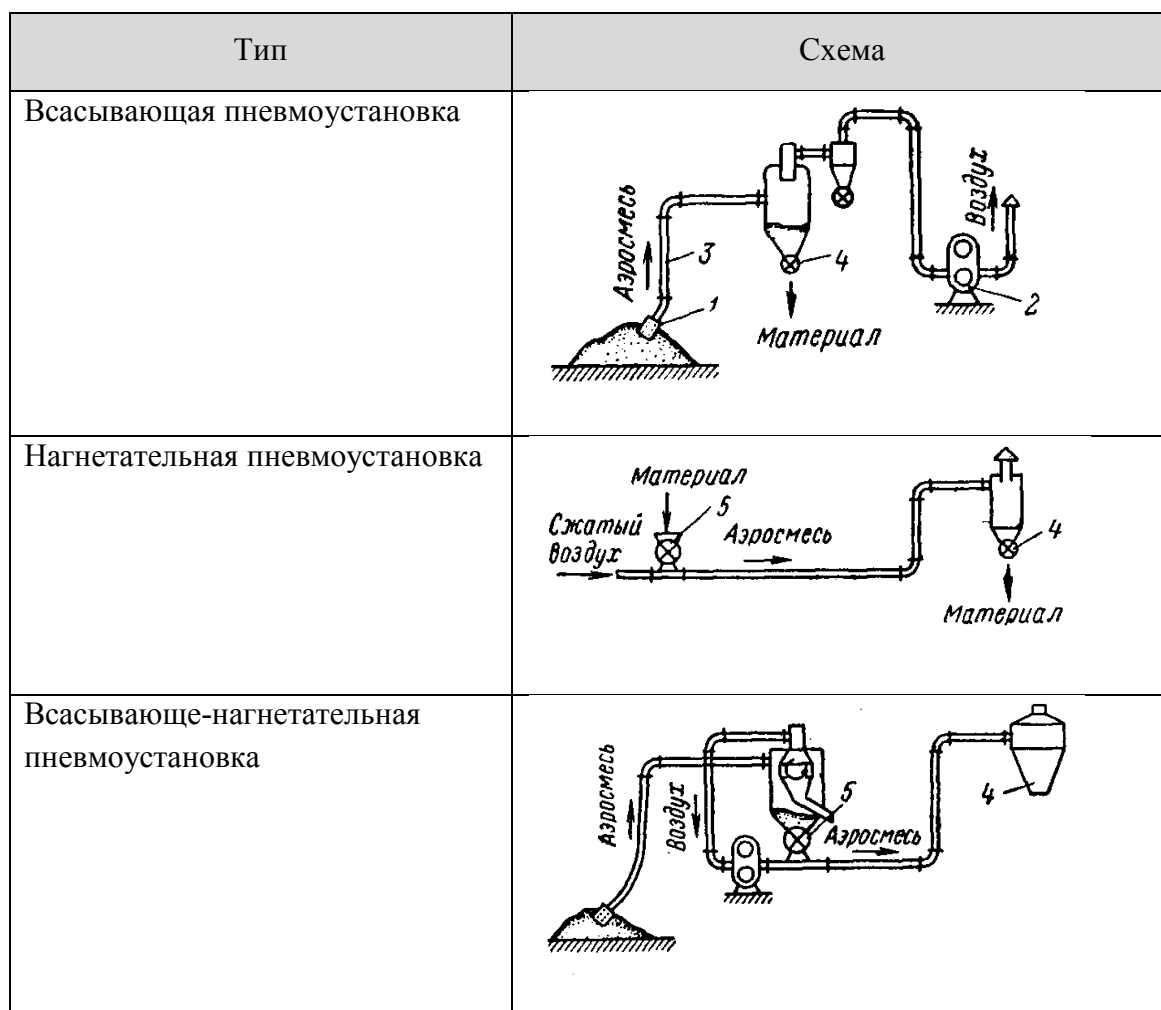


Рис. 6.2. Принципиальные схемы пневмотранспортных установок:

1 — всасывающий наконечник; 2 — компрессор; 3 — трубопровод; 4 — грузоотделитель; 5 — закладочная машина.

Достоинства гидро- и пневмотранспорта: значительная длина транспортирования без промежуточных перегрузок по сложной трассе с подъемом под любым углом и по вертикали; отсутствие механического оборудования на трассе трубопровода и, следовательно, несложные обслуживание и ремонт; возможность совмещения транс-

портирования с некоторыми технологическими процессами («мокрое» обогащение полезных ископаемых при гидротранспорте; охлаждение и сушка груза при пневмотранспорте; гашение и гранулирование шлаков и др.); возможность полной автоматизации транспортных работ; невысокая трудоемкость; возможность создания наиболее гигиеничных и безопасных условий для обслуживающего персонала и находящихся поблизости людей при перемещении вредных для здоровья химических, остропахнувших, радиоактивных и других материалов.

Недостатки, ограничивающим применение гидро- и пневмотранспорта: ограничения по роду и характеристикам перемещаемых грузов, в частности по их крупности, что вызывает необходимость предварительного дробления груза; усиленный износ трубопроводов при перемещении абразивных грузов; повышенный расход энергии; потребность в больших количествах воды для гидротранспортных установок и опасность их замерзания в зимних условиях; невозможность транспортирования материалов, способных прилипнуть к стенкам трубопроводов при пневмотранспорте и др.

Контрольные вопросы

1. Расскажите принцип работы гравитационных гидротранспортных установок.
2. Расскажите принцип работы гидравлических установок с искусственным подпором.
3. Какое оборудование применяют для транспортирования гидросмеси по горным выработкам под давлением.
4. Расскажите принцип работы всасывающих пневмотранспортных установок.

5. Расскажите принцип работы нагнетательных и всасывающе-нагнетательных пневмотранспортных установок.

Рекомендуемая литература

1. Галкин В.И. Транспортные машины / В.И. Галкин, Е.Е. Шешко. - Москва: МГГУ, 2009. – 588 с.

2. Подземный транспорт шахт и рудников: справочник / под общей ред. Г.Я. Пейсаковича, И.П. Ремезова. – Москва: Недра, 1985. – 565 с.

3. Пухов Ю.С. Транспортные машины: учебник / Ю.С. Пухов - Москва: Недра, 1987. – 232 с.

4. Смолдырев А.Е. Трубопроводный транспорт / А.Е. Смолдырев. – Москва: Недра, 1980. 293 с.

7. Транспортные машины вспомогательного транспорта

7.1. Виды вспомогательного транспорта

Средства вспомогательного транспорта могут быть разделены на две основные группы: напочвенные и подвесные. В свою очередь, напочвенные средства подразделяют на рельсовые (с локомотивной или канатной тягой) и нерельсовые (самоходные вагонетки или специальные конвейеры); подвесные — на монорельсовые (с локомотивной тягой или канатным тяговым органом) и двух и моноканатные.

Общими для всех указанных средств являются средства для формирования материала в укрупненные грузовые единицы (контейнеры, поддоны, стропы, кассеты и т. п.), поскольку при транспортировании к потребителю укрупненных в грузовые единицы материалов они передаются с одного вида транспорта на другой в зависимости от назначения той или иной выработки и принятых на ней видов основного и вспомогательного транспорта.

Вспомогательные материалы по видам доставляемых грузов обычно подразделяются на: лесоматериалы (стойки, затяжки, доски, шпалы и т. д.); сыпучие материалы (щебень, глина, песок, цемент, инертная пыль, известь, балласт и др.); длинномерные материалы (рельсы, металлические трубы, детали крепления камер и др.); железобетонные изделия (затяжки, бетониты, шпалы лотки); оборудование, в том числе узлы машин; жидкие материалы (горюче-смазочные эмульсии, масла, и др.); прочие материалы (запчасти, канаты, метизы и др.)

Для доставки различных грузов в подготовительный забой рельсовым, безрельсовым и подвесным транспортом разработаны кон-

струкции контейнеров, поддонов, пакетирующих кассет и строп-пакетов.

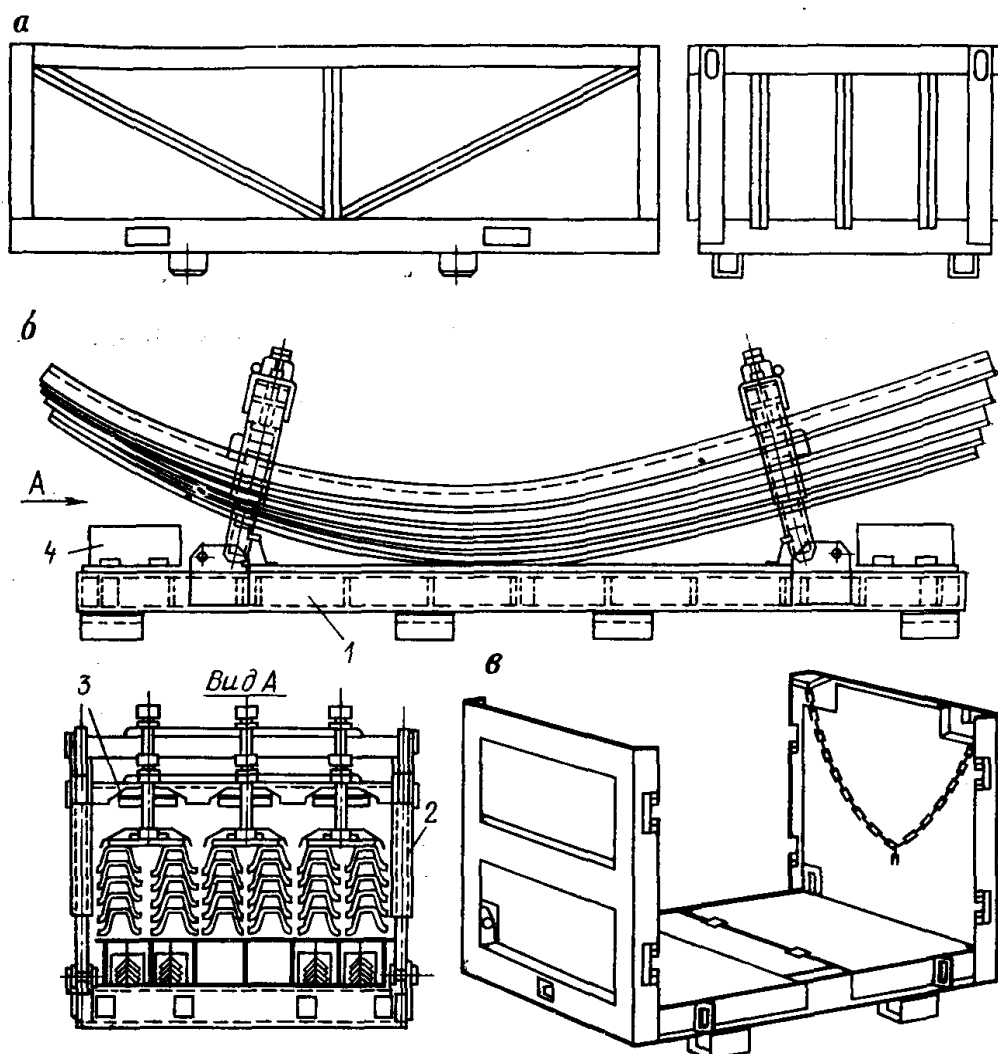


Рис.7.1. Контейнеры:

а – ящичного типа; *б* – для металлической крепи: 1 – рама; 2 – телескопические стойки; 3 – прижимные винты; 4 – карманы для крепежных деталей; *в* – с торцевыми стенками

Контейнеры (рис.7.1) предназначены для доставки штучных, наливных и насыпных грузов и обеспечивают их сохранность от нарушения и потерь в процессе транспортирования с поверхности до рабочих мест.

Контейнер ящичного типа представляет собой сборно-сварную конструкцию, состоящую из днища и боковых и торцевых стенок.

Для транспортирования шахтных затяжек, водоотливных лотков, шахтных стоек, длина которых не превышает 1,5 м, применяют контейнеры, на раме которых закреплены жестко или шарнирно торцевые стенки, обеспечивающие удержание грузов от продольных смещений.

Контейнер, предназначенный для металлокрепи представляет собой раму, на которой шарнирно закреплены телескопические стойки с прижимными винтами. На торцах рамы имеются карманы, в которых хранятся при транспортировании крепежные элементы крепи. Контейнеры такой конструкции обеспечивают комплексную доставку арочной металлической крепи любого профиля.

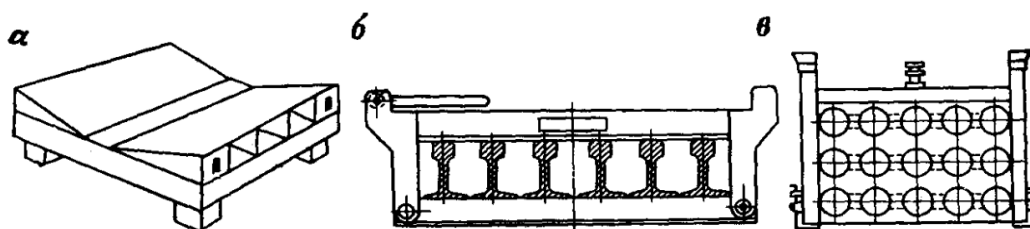


Рис.7.2. Поддон и пакетирующие кассеты для рельсов и труб:

а – поддон; *б* – кассета для рельсов; *в* – кассета для труб

Для некоторых грузов, которые невыгодно или невозможно доставлять в контейнерах, применяют плоские деревянные или специальные поддоны (рис.7.2), предназначенные для доставки от завода до рабочего места шпал, лотков, плит перекрытий для водоотводных канав и других грузов. Поддон состоит из днища, закрепленного на раме, в нижней части которой приварены кронштейны, служащие для фиксации поддона на платформе. Крюки стропов при подъеме поддона вставляют в овальные отверстия.

Пакетирующие кассеты для рельсов и труб (рис.7.2) состоят из вертикальных стоек, несущих балок и прижимных балок. Рельсы между балками зажимаются запорным кулаком, съемной рукояткой, а трубы — зажимным винтом.

Для скрепления в пакет железобетонных затяжек используют многооборотные строп-пакеты. Масса стропа — 2,4 кг, перевозимого груза — не более 1,5 т.

Для скрепления в пакет лесных материалов после их разделки на лесном складе применяют стропы с диаметром каната до 15,5 мм. Масса поднимаемого груза — до 4 т.

7.2. Напочвенные средства вспомогательного транспорта

Наиболее широкое распространение для доставки вспомогательных грузов и людей получили *напочвенные рельсовые средства с локомотивной тягой* в выработках с уклоном до 5 ‰.

В качестве локомотивов для вспомогательного транспорта по участковым выработкам применяют электровозы сцепной массой до 7 т; по главным магистральным и грузопассажирским магистральным выработкам — локомотивы, принятые на шахте для транспортирования основного грузопотока.

Для перевозки вспомогательных грузов используют платформы и вагонетки специального назначения. Конструктивное исполнение платформы должно предусматривать: размещение на ней специальных поддонов (пакетов) и контейнеров с различными грузами; предотвращение смещения грузов в процессе транспортирования; коэффициент продольной и поперечной устойчивости — не менее двух; клиренс — не менее 100 мм из расчета прохождения сопряжений горизонтальной и наклонной выработок. Общие требования к конструк-

ции и эксплуатации платформ и грузовых вагонеток специального назначения одинаковы. Помимо того, необходимо учитывать, что при транспортировании длинномерных материалов платформы должны соединяться удлинёнными жесткими сцепками.

К специальным вагонеткам относятся вагоны для доставки лесных материалов, арочной крепи, кабеля и каната, ГСМ и эмульсий, взрывчатых материалов и т.п.

Параметры платформ и грузовых вагонеток, эксплуатируемых на одной и той же шахте, должны быть взаимоувязаны, с тем чтобы обеспечивать механизацию их работы со смежным маневровым оборудованием (толкатели, стопоры и т. д.).

Концевые канатные откатки в настоящее время используют главным образом для перевозки материалов, оборудования и людей по выработкам с углом наклона более 6° , при котором обратное движение вагонеток, платформ или клеток происходит под действием их веса.

К оборудованию концевой откатки относят рельсовый путь, одно-или двухбарабанные лебедки или малые подъемные машины с диаметром барабанов от 1,2 до 2,2 м, тяговые канаты, прицепные и предохранительные устройства, поддерживающие и отклоняющие ролики и подвижной состав, представляющий один экипаж или состав экипажей различного типа.

Для транспортирования горной массы, вспомогательных грузов и людей при проведении слабонаклонных выработок с тяжелым переменным профилем рельсовых путей, где невозможно использовать локомотивную или одноконцевую канатную откатку, на угольных шахтах, опасных по газу или пыли, применяют напочвенные канатные дороги с замкнутым тяговым канатом.

ОАО «Луганский завод горного машиностроения» выпускает напочвенные дороги с канатным тяговым органом типа ДКНЛ-1, ДКНУ1, ДКНУ2, ДКНТ предназначенные для транспортирования грузов и людей по прямолинейным и искривлённым участковым и магистральным горным выработкам с углами наклона как одного, так и разных знаков (знакопеременный угол наклона) угольных и сланцевых шахт, опасных по газу и пыли всех категорий. Рациональная область применения лёгких напочвенных дорог ДКНУ1 это участковые выработки с углами наклона до 20° и грузопотоками до 80т в сутки.

Наибольшая длина транспортирования дорогой ДКНУ-1 составляет 2000 м, угол наклона выработки $\pm 20^\circ$, регулируемая скорость движения — до 1,8 м/с, мощность привода — 90 кВт.

7.3. Подвесные средства вспомогательного транспорта

7.3.1. Подвесные монорельсовые дороги с канатной и локомотивной тягой

Монорельсовые дороги с канатной тягой состоят из монорельсового пути, средств тяги, подвижного состава с грузоподъемными и другими вспомогательными устройствами, обеспечивающими закрепление груза на подвижном составе и механизацию погрузочно-разгрузочных работ на конечных пунктах. Применяют в выработках с искривлениями в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

Монорельс подвешивают к крепи жестко или с помощью цепных или стержневых подвесок. В качестве средств тяги используют лебедки со шкивом трения, двух- или однобарабанные тягальные лебедки. Скорость движения тяговых канатов принимают в диапазоне 0,2— 4 м/с. Грузоподъемность монорельсовых дорог доходит до 14 т, а длина до 2000 м.

ОАО «Луганский завод горного машиностроения» выпускает монорельсовые дороги с канатным тяговым органом ДКМУ1, ДКМУ2, ДКМУ4 (рис.7.3). Дороги предназначены для транспортирования материалов, оборудования и людей по участковым и магистральным безрельсовым и конвейерным горным выработкам угольных шахт с углами наклона как одного так и разных знаков (знакопеременный угол наклона), закреплённых арочной податливой, металлической рамной, анкерной, железобетонной с металлическим верхним крепью. Дороги ДКМУ1 и ДКМУ2 следует применять для перевозки людей и грузов с грузопотоками свыше 12т в сутки в выработках с углами наклона до 20° и длиной от 500 до 2500м.

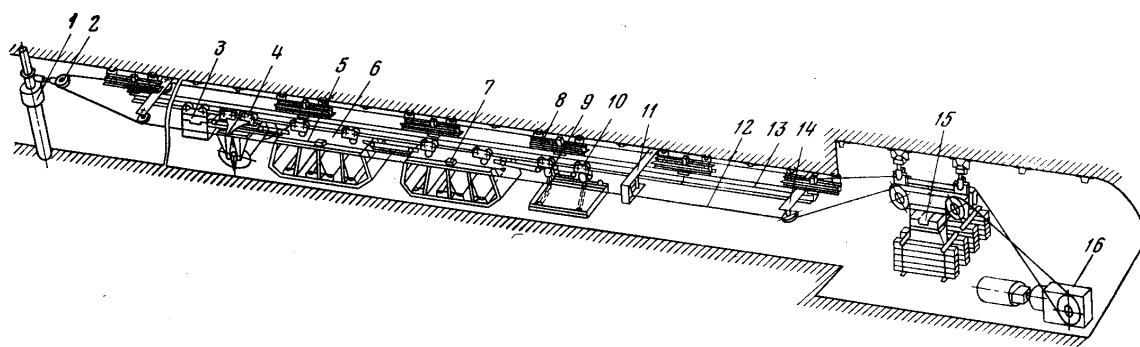


Рис.7.3. Подвесная монорельсовая дорога типа ДКМ:

1 – стойка; 2 – концевой блок; 3 – тормозная тележка; 4 – приводная тележка; 5 – амортизационный канат; 6 – пассажирская тележка; 7 – канатно-винтовой амортизатор; 8 – несущая балка; 9 – ручная таль; 10 – грузовая вагонетка; 11 - направляющие устройство; 12 –замкнутый тяговый канат; 13 – монорельс; 14 - направляющие устройство; 15 – натяжное устройство; 16 –привод со шкивом трения

Монорельсовые дороги с дизельными локомотивами предназначены для механизированной бесперегрузочной перевозки людей, материалов и оборудования от ствола до рабочих мест в шахте. Монорельсовые дороги с локомотивами могут применяться в горизонтальных и наклонных выработках шахт третьей категории, сверхкатегор-

ных и опасных по внезапным выбросам угля и газа, где допускается эксплуатация оборудования в исполнении РВ и обеспечиваются установленные нормы разжижения выхлопных газов. Дальность транспортировки практически неограниченна.

Монорельсовая дорога с дизельными локомотивами (рис.7.4) представляет собой комплекс оборудования, состоящий из пассажирского и грузового составов, дизельного локомотива, монорельсового пути и вспомогательного оборудования. Дорога имеет блочную конструкцию, что позволяет, набирая определенное число необходимых блоков, обеспечивать требуемые условия эксплуатации: скорость движения, тяговое усилие, грузоподъемность и пассажироемкость поезда. Отдельные секции соединяются в поезд с помощью сцепок. Количество оборудования в комплекте поставки определяется проектом установки дороги.

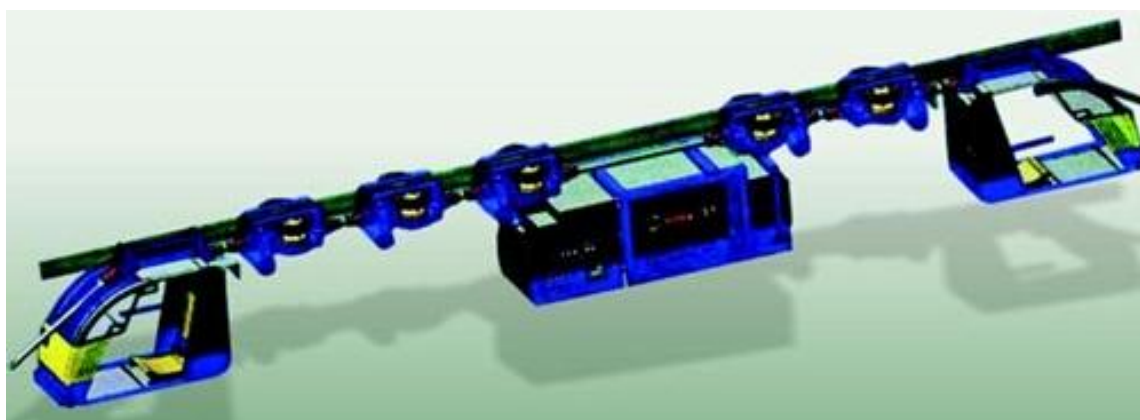


Рис.7.4. Подвесная монорельсовая дорога с локомотивной тягой

Дизельный локомотив состоит из кабины управления, подвешиваемой к опорной и тормозной тележкам, тяговых блоков, силовой секции, блока баков, элементов электрооборудования и гидрокоммуникаций, позволяющих управлять поездом из любой кабины. На локомотиве также установлены аккумуляторная батарея и система ча-

стотного управления стрелочными переводами. Дизельный локомотив прицепляется к составу посредством легкоразъемных соединений.

7.3.2. Канатные подвесные дороги

Моноканатные дороги, предназначенные главным образом для перевозки людей, включают в себя приводное устройство со шкивом трения (аналогичное канатным подвесным дорогам), натяжное устройство грузового типа и замкнутый тяговый канат, поддерживаемый роликами на подвесках. К канату прикрепляются сиденья. Канат движется со скоростью 1,2 м/с, посадка и сход людей происходят на ходу. Длина транспортирования до 1200м, максимальный угол наклона до $\pm 25^\circ$.

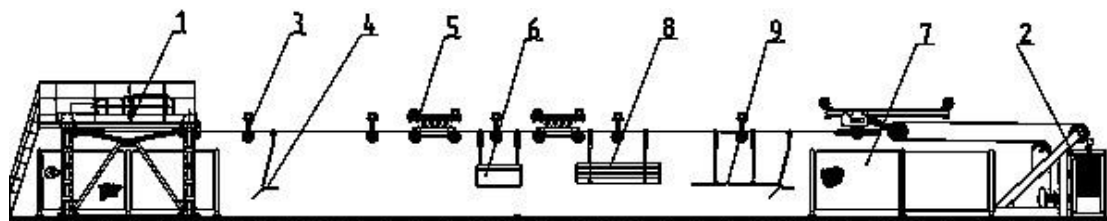


Рис.7.5. Дорога подвесная кресельная моноканатная МДК:

1 –привод; 2 – натяжное устройство; 3 – роlikоопора; 4 – сидение; 5 – поворотное устройство; 6 – контейнер; 7 – ограждение; 8 – подвеска; 9 – носилки; 10 - аппарата управления

Дорога подвесная кресельная моноканатная МДК (рис.7.5) ОАО «Гидромаш» предназначена для перевозки людей к рабочим местам и обратно, эвакуации больного или травмированного работника, транспортирования материалов (грузов), инструмента и ремонтных деталей по участковым и магистральным горизонтальным и знакопеременным наклонным (до $\pm 25^\circ$) горным выработкам в шахтах с возможностью поворота в горизонтальной плоскости.

Контрольные вопросы

1. Расскажите классификацию средств вспомогательного транспорта на рудниках.
2. Расскажите принцип работы напочвенных концевых канатных дорог.
3. Расскажите принцип работы подвесных монорельсовых дорог с канатной тягой.
4. Расскажите принцип работы подвесных монорельсовых дорог с локомотивной тягой.
5. Расскажите принцип работы монокатнатных дорог.

Рекомендуемая литература

1. Галкин В.И. Транспортные машины / В.И. Галкин, Е.Е. Шешко. - Москва: МГГУ, 2009. – 588 с.
2. Груздев И.Н. Рудничный транспорт и механизация вспомогательных работ / И.Н. Груздев, П.А. Завгородний, В.К. Колояров. - Москва: МГГУ, 2009. – 534 с.
3. Подземный транспорт шахт и рудников: справочник / под общей ред. Г.Я. Пейсаковича, И.П. Ремезова. – Москва: Недра, 1985. – 565 с.
4. Пухов Ю.С. Транспортные машины: учебник / Ю.С. Пухов - Москва: Недра, 1987. – 232 с.

Заключение

В настоящем учебном пособии использованы научные труды, справочники, учебники и учебные пособия ведущих ученых России и материалы интернет-сайтов заводов производителей горнотранспортного оборудования. В нем представлены сведения, освещающие теорию, конструкцию, расчет и эксплуатацию транспортных машин и механизмов шахт и рудников не только в России, но и в ведущих зарубежных горнодобывающих и производящих горнотранспортное оборудование странах. Изложены известные способы и конструкции машин производящих транспортирование грузов в условиях рудников и шахт, современные тенденции развития техники и технологии транспортирования.

В пособии рассмотрены области применения техники и технологии рудничного транспортирования грузов и направления их развития на ближайшую перспективу, обосновывается целесообразность применения самоходной техники: подземных автосамосвалов и погрузочно-транспортных машин при строительстве и эксплуатации новых рудников. Даны основные принципы выбора способов, рациональных технологических схем транспортирования и видов внутришахтного транспорта.

Средства рудничного транспорта, как и другие машины, постоянно совершенствуются, создаются новые модели, модернизируются старые, поэтому настоящее учебное пособие содержащие последние сведения о рудничном транспорте представляет несомненный интерес для студентов, обучающихся по направлению «Горное дело», для разработки курсовых проектов и подготовки выпускных квалификационных работ.

Библиографический список

1. Галкин В.И. Транспортные машины / В.И. Галкин, Е.Е. Шешко. - Москва: МГГУ, 2009. – 588 с.
2. Груздев И.Н. Рудничный транспорт и механизация вспомогательных работ / И.Н. Груздев, П.А. Завгородний, В.К. Колояров. - Москва: МГГУ, 2009. – 534 с.
3. Донченко А.С. Справочник механика рудной шахты. В 2 кн. Кн. 1. / А.С. Донченко, В.А. Донченко, А.А. Соснин. - Москва: Недра, 1991. – 367 с.
4. Медведев В.В. Практикум к дисциплине «Внутришахтный транспорт»: учеб. пособие / В.В. Медведев. - Чита: ЧитГТУ, 2000. - 60 с.
5. ПБ 03-553-03. Единые правила безопасности при разработке рудных, нерудных и рассыпных месторождений полезных ископаемых подземным способом. – Москва: ОАО Научно-технический центр по безопасности в промышленности Ростехнадзора России, 2007. – 261 с.
6. Подземный транспорт шахт и рудников: справочник / под общей ред. Г.Я. Пейсаковича, И.П. Ремезова. – Москва: Недра, 1985. – 565 с.
7. Пухов Ю.С. Транспортные машины: учебник / Ю.С. Пухов - Москва: Недра, 1987. – 232 с.
8. Сафронов Г.Н. Машинист шахтного электровоза: учебник / Г.Н. Сафронов. – Москва: Недра, 1991. – 351 с.
9. Тихонов Н.В. Транспортные машины горнорудных предприятий / Н.В. Тихонов. - Москва: Недра, 1985. – 336 с.
10. Сайт ОАО «Александровский машиностроительный завод» [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.amz.perm.ru>.

11. Сайт ОАО «Кыштымский машиностроительный завод» [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.aoakmo.ru>.
12. Сайт компании «Кузбасспромсервис» [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.tdkps.com>.
13. Сайт ООО «Машиностроительный завод Звезда» [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://zavmash.ru>
14. Сайт Могилевский автомобильный завод [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.belaz.by>.
15. Сайт НПК группа «Горные машины» Украина [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.mmc.kiev.ua>.
16. Сайт ОАО «Нипигормаш» [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.npgm.ru>.
17. Сайт ООО ПК «Новочеркасский электровозостроительный завод» [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.nevz.com>.
18. Сайт ЗАО "Полевской машиностроительный завод" [Электронный ресурс] - режим доступа: <http://www.polmashz.ru>.
19. Сайт «Русская горно-насосная компания» [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://td-yamz.ru>.
20. Сайт ЗАО «УГМК-Рудгормаш» [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.rudgormash-nw.ru>.
21. Сайт ООО «Машзавод Дарасун» [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.darasun.ru>.
22. Сайт ООО "Техномаш" [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://technomach.com.ua>.
23. Сайт компании *Atlas Copco* [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://atlascopco.ru>.
24. Сайт *Sandvik Mining* [Электронный ресурс] - режим доступа: <http://www.miningandconstruction.sandvik.com/ru>.

Приложение

Таблица А 1. Технические характеристики контактных электровозов

Параметры	ЗКРА-600	К4	7КРМ1	К10	К14М	14КР2М	28КР2М
Масса, т	3,3	4	7,9	10	14	14	28
Колея, мм	600	600; 750; 900	600; 750; 900	600; 750; 900	750; 900	750	750; 900
Сила тяги max, Н	10000	12000	18000	19000	27000	27000	54000
Скорость при часовом режиме, км/ч	8,1	6,8	12,2	11,7	10,8	11,5	11,5
Сила тока при часовом режиме, А	50×2	50×2	145×2	145×2	204×2	204×2	204×4
Число приводов	2	2	2	2	2	2	4
Суммарная мощность при часовом режиме, кВт	2×12,0	2×12,0	2×33	2×33	2×45	2×45	4×45
Тяговый двигатель	ДТН 12/7	ДТН 12	ДТН33	ДТН33	ДТН45	ДТН45	ДТН45
Основные размеры электровоза, мм:							
длина по буферам	3015	3000	4200	4520	4700	4800	10200
длина по автосцепке	-	3300	4600	4920	51000	-	-
ширина по выступающим частям:							
при колее 600мм	960	1200	1050	1050	-	-	-
при колее 750 и 900 мм	-	1350	1350	1350	1350	1350	1350
высота по кабине	1500	1515	1500	1650	1650	1650	1650
Рабочая высота по токосъемнику от головки рельсов, мм:							
максимальная	2300	2300	2400	2300	2300	2300	2300
минимальная	1600	1600	1600	1800	1800	1800	1800
Завод-изготовитель	Кыштым- ский МЗ	Алексан- дровск. МЗ	Алексан- дровск. МЗ	Алексан- дровск. МЗ	Алексан- дровск. МЗ	Алексан- дровск. МЗ	Алексан- дровск. МЗ

Таблица А 2. Технические характеристики аккумуляторных электровозов

Параметры	А5,5	АРП7	АРВ7	АМ8Д	В8	АРП10Г	АРП14	2В8
Масса, т	5	7	7	8,05/8,7	8	10,45/10,8	14	16
Колея, мм	600/ 750; 900	600/ 750; 900	600/ 750; 900	600/ 750; 900	600/750: 900	600/900	900	600/ 750: 900
Тяговое усилие при часо- вом режиме, кН	9,0/9,5	9,5 / 10,0	9,5	12,1/12,2	11,5	26,0/29,2	18,0	23,0
Скорость при часовом режиме, км/ч	7,2/8,1	7,5 / 8,5	7,5	5,7/6,8	7,0	7,2/7,9	9,0	7,0
Число приводов	2	2	2	2	2	2	2	4
Суммарная часовая мощ- ность двигателей, кВт	2×10	2×10	2×10	21/26	2×12	26/29,2	47	4×12
Тяговый двигатель	ДРТ10	ДРТ10	ДРТ10	ДРТ13М	ДРТ13М	ДРТ13М	ДРТ23,5	ДРТ13М
Основные размеры, мм: длина по буферам	3800	4200	4200	4550	4550	5515	5860	4550
ширина:								
при колее 600мм	1050	1050	1050	1055	1050	1060	-	1050
при колее 750, 900мм	1350	1350	1350	1355	1350	1360	1360	1350
высота	1330	1450	1450	1415	1470	1510	1750	1470
Исполнение:	РП	РП	РВ	РП	РВ	РП	РП	РВ
Тип аккумуляторной ба- тареи	85ТНЖШ400 95ТНЖШ400	90ТНЖШ55 102ТНЖШ550	88ТНК400	96ТНЖШ500 112ТНЖШ500	106ТНК400	112ТНЖШ500 126ТНЖШ550	161ТНЖШ550	106ТНК400
Завод-изготовитель	Ясног.МЗ	ЯсногМЗ	ЯсногМЗ	Дружк.МЗ	Ясног.МЗ	Дружк.МЗ	Дружк.МЗ	Ясног.МЗ

Примечание. В числителе показаны значения для колеи 600 мм, в знаменателе - для колеи 750, 900 мм.

Таблица А 3. Технические характеристики грузовых вагонеток для рудных шахт

Параметры	Модели вагонеток						
	ВГ-1,0	ВГ-1,2	ВГ-2,0	ВГ-2,2	ВГ-3,3	ВГ-4,5	ВГ-9А
Вместимость кузова, м ³	1,0	1,2	2,0	2,2	3,3	4,5	9
Грузоподъемность, т	2,5	3,0	5	5,5	6,0	13,5	25
Основные размеры, мм:							
длина	1500	1850	3070	2985	3400	4050	7850
ширина	850	836/986	1250	882/1032	1350	1350	1350
высота	1300	1300	1200	1300	1460	1550	1550
Жесткая база, мм	500	600	1000	1000	1100	1250	4000
Диаметр колеса по кругу катания, мм	300	350	400	400	400	400	400
Колея, мм	600	600/750	750; 900	600/750	900	750/900	750; 900
Высота от сцепки до головки рельса, мм	320	320	365	365	365	365	365
Масса, кг	521	892/933	1510	1350/1408	1567	3440/3510	9100
Тип сцепки	Звеньевая	Звеньевая	Звеньевая	Автоматическая звеньевая	Звеньевая	Автоматическая звеньевая	Автоматическая звеньевая
Завод-изготовитель	Дарасунский МЗ	Александровский МЗ		Александровский МЗ	Александровский МЗ	Александровский МЗ	МЗ Звезда

Таблица А 4. Технические характеристики грузовых вагонеток для рудных шахт

Параметры	Модели вагонеток						
	УВО-0,8	ВГ-1,3	ВБ-1,6	ВБ-2,5	ВБ-4,0	ВПК-7Б	ВГ-30
Вместимость кузова, м ³	0,8	1,3	1,6	2,5	4,0	7,5	10
Грузоподъемность, т	2,0	3,25	4,8	6,25	10,0	23	30
Основные размеры, мм:							
длина	1850	2000	2550	3150	4590	8860	7300
ширина	1000	850	1340	1340	1350	1350	1800
высота	1230	1300	1400	1400	1550	1650	1600
Жесткая база, мм	600	550	900	1000	1250	-	-
Диаметр колеса по кругу катания, мм	300	300	-	-	-	-	-
Колея, мм	600/ 750	600	750	750	750	600; 750; 900	750; 900
Высота от сцепки до головки рельса, мм	290	320	365	365	365	-	-
Масса, кг	673/ 684	620	2200	2700	1800	9200	9000
Тип сцепки	Звеньевая	Звеньевая	Звеньевая	Звеньевая	Звеньевая	Звеньевая	Звеньевая
Установленная мощность двигателей, кВт						30,9	
Завод-изготовитель	Александровский МЗ	Дарасунский МЗ	МЗ Звезда	МЗ Звезда	МЗ Звезда	ООО«Техно маш»	ООО«Техно маш»

Таблица А 5. Технические характеристики дизельных погрузочно-транспортных машин стран СНГ

Параметры	ПДД-1	МПДД-2	МПДД-3	МПДД-4	ПД-2Г	ПД-5А	МПД-4	ПД-8В	МПД-14
Грузоподъемность, т	1,5	2,0	3,0	4,0	2,2	6,0	9,2	8,5	14,0
Вместимость ковша, м ³ :									
основного	0,75	1,0	1,5	2,0	1,2	3,0	3,8	4,1	4,8
сменного	-	-	-	-	-	-	-	3,0	-
Основные размеры, мм									
длина	5960	6100	7000	7760	5900	8750	9665	9195	9245
ширина	1370	1275	1600	1960	1500	2200	2540	2650	2540
высота (по кабине)	1990	1970	2100	2000	1850	1850	2350	2350	2350
Наибольшая высота при разгрузке ковша, мм	850	685	1400	1780	2400	1,5/2,3	1820/4850	1580/2150	4280
Двигатель	Дизель	Дизель	Дизель	Дизель	Дизель Д243 (Deutz F6L-912W)	Дизель	Deutz F10L413FW	Дизель ЯМЗ3238KM (Deutz F10L413W)	Deutz F12L413FW
Мощность привода, кВт	42	45	63,2	75,0	59,5 (60)	-	170 (231)	140 (158;170)	201 (277)
Мак скорость движ., км/ч	8,0	8,0	14,0	18,0	10	15	27,0	20	25
Преодолеваемый уклон, °	12	12	12	12	15	-	-	-	-
Мин сечение выработки, м ²	-	-	-	-	2,5×2,35	-	-	4,2×3,0	-
Масса, т	6,8	6,8	10,5	14,0	7,1	15,0	24,0	25,2	32,8
Технич. производит., т/ч	-	-	-	-	-	87,5	-	-	-
Завод-изготовитель	ООО МЗ Дарасун	ООО МЗ Дарасун	ООО МЗ Дарасун	ООО МЗ Дарасун	Нипигормаш	УГМК Рудгор-маш	Автомаркет майнинг	Донецкгор-маш	Автомаркет майнинг

Таблица А 6. Технические характеристики электрических и пневматических погрузочно-транспортных машин стран СНГ

Параметры	МПДЭ-04	ПД-1Э	МПДЭ-1	МПДЭ-2	МПДЭ-3	МПДЭ-4	ПД-2Э	ПТ-4
Грузоподъемность, т	0,8	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	2,6	4,0
Вместимость ковша, м ³ :								
основного	0,4	0,5	0,75	1,0	1,5	2,0	1,16	0,2
сменного	-	-	-	-	-	-	-	-
Вместимость кузова, м ³	-	-	-	-	-	-	-	1,5
Основные размеры, мм								
длина	4370	5290	5960	6100	7000	7760	6200	3020
ширина	910	1000	1370	1275	1600	1960	2300	1090
высота (по кабине)	1460	1950	1990	1970	2100	2000	1950	1800
Наибольшая высота при разгрузке ковша, мм	686	-	850	685	1400	1780	1100	2240
Двигатель	Электрический	Электрический 4А180М4УЗ	Электрический	Электрический	Электрический	Электрический	Электрический "4АМ200L-4УЗ"	Пневматический ДАР14
Мощность привода, кВт	22	30	42	45	63,2	75,0	-	42,6
Мах скорость движ., км/ч	8,5	3,8	8,0	8,0	14,0	18,0	5,6	5,0
Преодолеваемый уклон, °	12	15	12	12	12	12	15	12
Min сечение выработки, м ²	-	2×3	-	-	-	-	-	7,0
Масса, т	3,0	2,95	6,8	6,8	10,5	14,0	7,0	4,6
Технич. производит., т/ч	-	11	-	-	-	-	-	43,5
Завод-изготовитель	ООО МЗ Дарасун	ОАО ППГХО	ООО МЗ Дарасун	ООО МЗ Дарасун	ООО МЗ Дарасун	ООО МЗ Дарасун	ОАО ППГХО	УГМК Рудгормаш

Таблица А 7. Технические характеристики дизельных погрузочно-транспортных машин компании Sandvic

Параметры	LH201 (Microsc oop 100)	LH202 (TJC 65D)	LH203 (TORO 151)	LH307 (TORO 6)	LH410 (TORO 7)	LH514 (TORO 9)	LH517 (TORO 010)	LH621 (TORO 11)	LH205L (EJC 155LP)	LH208L (EJC 777)	LH209L (EJC 400LP)
Грузоподъемность, т	1,0	2,945	3,5	6,7	10,0	14,0	17,2	21,0	5,0	7,71	9,6
Вместимость ковша,м ³ :											
основного	0,54	1,2	1,5	3,0	4,0	5,4	7,0	8,0	1,8	2.3-2.87	4.2-4.6
сменного	-	1,0-1,5	1,4-1,8	2,7-3,7	4,0-5,4	4,6-7,0	6,5-8,6	8,0-10,7	-		
Основные размеры, мм											
длина	4650	5486	6970	8631	9680	10870	11120	11993	7960	8688	9240
ширина	1055	1448	1480	2230	2550	2950	3000	3100	2310	2642	3260
высота (по кабине)	2045	2134	1840	2200	2395	2540	2750	2950	1600	1600	1690
Наибольшая высота при разгрузке ковша, мм	2320	-	3790	4900	5380	5750	6520	7,02	-	-	-
Двигатель	Deutz F3L- 912W	Deutz F5L- 912W	Deutz BF6L- 914	Merced es Benz OM 906 LA	Merced es OM 926 LA	Detroit S60 DDEC IV	Detroit diesel S60 DDECIV	Detroit diesel S60 DDEC IV	Deutz BF4M20 12C	Deutz BF6M20 12C	MERCE DES OM906L A
Мощность привода, кВт	33	51	71,5	150	220	243	298	354	93	140	170
Мах скорость движения, км/ч	9,0	20,0	24,0	26,0	27,0	26,0	27,0	25,5	-	-	-
Масса, т	3,65	6,76	8,7	19,6	26,2	38,1	44,0	56,8	24,3	17,77	9,6

Таблица А 8. Технические характеристики электрических погрузочно-транспортных машин компании Sandvic

Параметры	LH201E (Microcoop 100E)	LH202E (EJC 65E)	LH203E (TO- RO 151E)	LH306E (EJC 145E)	LH409E (TORO 400E)	LH514E (TORO 1400E)	LH625E (TORO 2500E)
Грузоподъемность, т	1,0	2,948	3,5	6,6	9,6	14,0	25,0
Вместимость ковша,м ³ :							
основного	0,54	1,2	1,5	3,0	3,8	5,4	10,0
сменного	-	1,0-1,5	1,3-1,75	2,7-3,1	3,8-4,6	4,6-7,0	8,0-10,7
Основные размеры, мм							
длина	4850	5842	6995	8407	9736	10950	14011
ширина	1055	1448	1480	2159	2525	2880	3900
высота (по кабине)	2045	2134	1840	2235	2320	2550	3161
Наибольшая высота при разгрузке ковша, мм	2320	-	3500	4390	5270	5760	7,37
Двигатель	Three-phase, asynchronous, squirrelcage	AC induction type, 3 phase	VEM	AC induction type TEAO, 3 phase	VEM KPER 315 S4	VEM K11R 315 MX4	Siemens 1 LA8 317 1000 V / 50
Мощность привода, кВт	30	37	55	94	110	160	315
Мах скорость движения, км/ч	8,0	10,0	10,3	6,4	12,0	18,9	16,0
Масса, т	3,85	7,13	9,4	17,24	24,5	38,5	77,5

Таблица А 9. Технические характеристики погрузочно-транспортных машин компании Atlas Copco

Параметры	ST-2D	ST-3,5D	ST-7LP	ST-7	ST-1030	ST-1030LP	ST-14	ST-1520	ST-1520LP	EST-2D	EST-3,5D
Грузоподъемность, т	3,6	6,0	6,8	6,8	10,0	10,0	14,0	15,0	15,0	3,6	6,0
Вместимость ковша, м ³	1,9	3,1	3,4	3,1	5,0	5,0	6,4	7,5	7,5	1,9	3,1
Основные размеры, мм											
длина	6645	8458	8470	8620	9745	9890	10850	11320	11320	6880	8849
ширина	1555	3038	1920	1920	2260	2260	2640	2648	2648	1515	1905
высота (по кабине)	2085	2247	1390	2160	2355	1840	2550	2650	2301	2085	2118
Наибольшая высота при разгрузке ковша, мм	3733	3984	3920	4710	5060	4750	5930	6000	6000	3732	3936
Двигатель	Дизель- ный: Deutz F6L- 912W	Дизель- зель- ный: Deutz F8L- 413FW	Дизель- зель- ный: Cummins QSB6,7 EPA	Дизель- ный: Cummins QSB6,7 EPA	Дизель- зель- ный: Cummins QSL9	Дизель- зель- ный: Cummins QSL9	Дизель- зель- ный: Cummins QSM11	Дизель- ный: Cummins QSM11	Дизель- ный: Cummins QSM11	Элек- триче- ский 3- фазный 50 или 60Гц	Элек- триче- ский 3- фазный 50 или 60Гц
Мощность привода, кВт	63	136	144	144	86	186	250	298	298	56	74,6
Скорость движения											
уклон 15°, км/ч	4,5	1,86	5,8	5,8	4,7	4,7	4,4	4,7	4,7	1,86	2,07
Масса, т	12,32	17,1	19,1	19,3	26,3	26,3	38,0	41,3	41,3	13,0	17,9

Таблица А 10. Технические характеристики дизельных автосамосвалов компаний Sandvic и Atlas Copco

Параметры	TH320 (EJC 522)	TH430	TH540 (Sandvik 40)	TH550 (Sandvik 50)	TH680 (Supra 0012H)	MT2010	MT431B	MT436 LP	MT42	MT5020	MT6020
Грузоподъемность, т	20	30	40	50	80	20	28,125	32,6	42	50	60
Вместимость кузова, м ³ :	102	-	18	20	38	10	11,5	14,8	19,0	25,2	29,7
Основные размеры, мм											
длина	9093	10114	10484	10484	11600	9146	10180	10180	10900	11220	11227
ширина	2210	2642	3005	3132	3900	2210	2795	3065	3050	3200	34440
высота (по кабине)	2438	2626	2686	2720	3600	2444	2740	2300	2705	2815	2815
Наибольшая высота при разгрузке, мм	4550		6000	6130	5520	4438	5365	5402	5965	6915	6842
Двигатель	Mercedes OM 926 LA	-	Detroit S60 DDEC IV	Detroit S60	Detroit S60	Cummins QSL9	Detroit Diesel S. 60 DDEC	Detroit Deisel S. 60DDEC	Cummins QSK15	Cummins QSK19- C650	Cummins QSK19- C760
Мощность привода, кВт	240	-	354	429	317	224	298	298	388	485	567
Макс скорость движения, км/ч	38,0	-	36,0	32,0	30,0	-	-	-	-	-	-
Масса, т	22,32	28,83	34,7	35,9	58,0	20,5	28,0	30,6	34,5	42,8	43,9
Фирма изготовитель	Sandvic	Sandvic	Sandvic	Sandvic	Sandvic	Atlas Copco	Atlas Copco	Atlas Copco	Atlas Copco	Atlas Copco	Atlas Copco

Таблица А 11. Технические характеристики подземных грузовых ленточных конвейеров Александровский машзавод

Конвейер	Ширина ленты, мм	Приемная способность м ³ /мин	Производительность, т/ч	Длина при горизонтальной установке, м	Телескопичность, м	Скорость ленты, м/с	Диаметр приводного барабана с фугировкой, мм	Установленная мощность привода, кВт	Число приводных барабанов	Основная область применения
1Л80У	800	10,2	520	270	-	2,5	400	55	2	Для горизонтальных и слабонаклонных выработок, $\beta = -10...+10^\circ$
2Л80У	800	10,2	520	695	-	2,5	500	55	2	
1Л1000А	1000	17,5	890	350	-	2,5	654	2×55	2	То же, $\beta = -16...+18^\circ$
2Л1000А	1000	17,5	890	1000	-	2,5	654	2×132	2	То же, $\beta = -16...+18^\circ$
3Л1000А	1000	17,5	890	1680	-	2,5	842	2×250	3	То же, $\beta = -3...+18^\circ$
1Л120	1200	24,8	1260	130	-	2,5	842	2×250		То же, $\beta = -3...+18$
3Л120Б	1200	31,2	1590	3000	-	3,15	1292	3×500	3	То же, $\beta = -3...+18$
4Л1200Д	1200	-	1400	2000	-	2,5; 3,15	-	4×250	5	То же, $\beta = -3...+18$
4Л1400Д	1400	-	1600	2500	-	2,5; 3,15	-	3×315	5	То же, $\beta = -3...+18$
1ЛТ800Д	800	8,6	340	600	45	2,0	400	90	2	Для выработок примыкающих к очистным забоям, $\beta = -10...+10^\circ$
1ЛТ1000А	1000	17,5	890	400	108	2,5	654	2×55	2	
2ЛТ1000А	1000	17,5	890	1000	108	2,5	654	2×135	2	То же, $\beta = -10...+10^\circ$
1ЛТ1200	1200	24,8	1200	1500	100	2,5	842	2×250	2	То же, $\beta = -6...+10^\circ$
2ЛБ120М	1200	24,7	1100	2200	-	2,5	842	2×315	2	Для бремсбергов с углом наклона $\beta = -3...-16^\circ$

Таблица А 12. Технические характеристики скреперных подземных лебедок ОАО «Кыштымское машиностроительное объединение»

Параметры	10ЛС2СМА	17ЛС2СМА	30ЛС2СМА	30ЛС2ПМА	30ЛС3СМА	55ЛС2СМА	55ЛС5ПМА	55ЛС3СМСА	110ЛС2СМА	110ЛС2ПМА	110ЛС3СМА
Мощность электродвигателя, кВт	11	18,5	30	30	30	55	55	55	110	110	110
Среднее тяговое усилие на рабочем канате, кН	10	16	28	28	28	45	45	45	80	80	80
Средняя скорость каната рабочего, м/с	1,25	1,26	1,3	1,3	1,3	1,46	1,46	1,46	1,5	1,5	1,5
холостого, м/с	1,7	1,74	1,77	1,77	1,77	2,0	2,0	2,0	2,1	2,1	2,1
Число барабанов	2	2	2	2	3	2	2	3	2	2	3
Диаметр каната, мм	12	14	15	15	15	19,5	19,5	19,5	23	23	23
Разрывное усилие каната, кН	73,1	92,2	127	127	127	173	173	173	224	224	224
Масса 1 м каната, кг	0,57	0,73	0,95	0,95	0,95	1,2	1,2	1,2	1,8	1,8	1,8
Канатоемкость, м	45	60	90	90	90	100	100	100	125	125	125
Основные размеры, мм:											
длина	1350	1550	1938	1540	2400	2320	1990	2865	2800	2240	3480
ширина	570	650	806	1220	860	995	1380	1205	1202	1630	1550
высота	561	632	770	839	770	924	895	925	1221	1221	1221
Масса, кг	508	760	1320	1450	1810	2260	2220	2960	4320	4660	5470

Таблица А 13. Технические характеристики вибротранспортных установок

Установка	Производительность, т/ч	Мощность двигателя, кВт	Тип вибратора	Параметры колебательной системы			Угол установки в выработке β, град	Размеры установки, мм			Масса установки, т
				частота колебаний в минуту n, мин ⁻¹	амплитуда колебаний с, мм	Угол вибрации α, град		длина	ширина	высота	
Забойные вибропитатели											
ВДПУ-4ТМ	более 300	22	Инерционный	1500	2...4,5	20	15...20	6015	1200	620	4,0
ПШВ-6	500	18,5	Инерционный	-	-	-	3...20	6000	1700	1380	6,5
ПВУ-3-1,2	700	7,5	Инерционный	1200	2...3	30	0...10	3000	1200	650	2,0
ПВУ-4-1,6	800	11	Инерционный	1200	2...3	30	0...10	4000	1600	750	3,5
ПВУ-5-1,8	1000	15	Инерционный	1300	3...5	30	0...10	5000	1800	1000	4,5
Вибролюки											
АШЛ	700	11	Инерционный	2800	0,6...0,8	25	15	2600	1900	3500	3,25
ПГВ-1,0/2,5	400	11	Инерционный	1400	2,2	25	5...10	3340	2010	2110	3,5
ПГВ-1,6/3,0	1500	18,5	Инерционный	1400	2,2	25	5...10	3865	2620	1800	5,0

Оглавление

Предисловие	3
Введение	4
1. Локомотивный транспорт	6
1.1. Общие сведения о локомотивном транспорте	6
1.2. Рудничные локомотивы	8
1.2.1. Рудничные электровозы постоянного тока ...	8
1.2.2. Электровозы бесконтактные переменного то- ка повышенной частоты	16
1.2.3. Инерционные локомотивы	20
1.2.4. Шахтные дизельные локомотивы	23
1.3. Шахтные откаточные сосуды	26
1.3.1. Грузовые шахтные вагонетки	28
1.3.2. Вагонетки пассажирские и специального назначения	33
.....	35
1.4. Рельсовый путь	
1.4.1. Основные элементы строения рельсового пу- ти	35
1.4.2. Технология укладки рельсового пути	44
1.5. Эксплуатация локомотивного транспорта	46
1.6. Расчет локомотивной откатки	
1.6.1. Выбор оборудования локомотивного транс- порта	46
1.6.2. Эксплуатационный расчет локомотивного транспорта	47
1.6.3. Расчет параметров электроснабжения локо- мотивного транспорта	55
1.6.4. Пример расчета электровозной откатки	70
2. Самоходные транспортные машины	
2.1. Общие сведения о самоходных транспортных ма- шинах	70
2.2. Ковшовые погрузочно-транспортные машины	73
2.3. Подземные автосамосвалы	79
2.4. Шахтные самоходные вагоны	83
2.5. Вспомогательные транспортные машины	86
	87

2.6.	Эксплуатация самоходного транспорта	87
2.6.1.	Параметры горных выработок	90
2.6.2.	Устройство дорожного покрытия	
2.6.3.	Ремонт самоходного транспортного оборудо- вания	92
2.7.	Расчет транспортирования горной массы самоход- ными транспортными машинами	94
2.7.1.	Тяговый расчет самоходных машин	94
2.7.2.	Эксплуатационный расчет транспортирова- ния груза самоходными машинами	96
2.7.3.	Пример расчета транспортирования горной массы самоходными транспортными маши- нами	101 106
3.	Подземные скреперные установки	106
3.1.	Принцип действия и схемы скреперования	109
3.2.	Устройство скреперных установок	115
3.3.	Расчет скреперной установки	
3.3.1.	Эксплуатационный расчет скреперной уста- новки	115 118
3.3.2.	Тяговый расчет скреперной лебедки	119
3.3.3.	Пример расчета скреперной установки	122
4.	Конвейерный транспорт	122
4.1.	Виды конвейерного транспорта	126
4.2.	Ленточные конвейеры	139
4.3.	Скребковые конвейеры	145
4.4.	Пластинчатые конвейеры	149
4.5.	Специальные конвейеры	151
4.6.	Расчет ленточного конвейера	
4.6.1.	Расчет производительности конвейера и вы- бор ширины ленты	151 155
4.6.2.	Тяговый расчет ленточного конвейера	165
4.6.3.	Расчет конвейерной ленты на прочность	166
4.6.4.	Пример расчета ленточного конвейера	171
5.	Гравитационный транспорт	
5.1.	Принцип действия и виды гравитационного транс- порта	171

5.2. Способы самотечного транспортирования по наклонным и вертикальным плоскостям	175 177 183
5.3. Конструкции люков и питателей	183
6. Трубопроводный транспорт	187
6.1. Пневматические транспортные установки	191
6.2. Гидравлические транспортные установки	191
7. Транспортные машины вспомогательного транспорта	
7.1. Виды вспомогательного транспорта	194
7.2. Напочвенные средства вспомогательного транспорта	196
7.3. Подвесные средства вспомогательного транспорта	196
7.3.1. Подвесные монорельсовые дороги с канатной и локомотивной тягой	199 201
7.3.2. Канатные подвесные дороги	202
Заключение	204
Библиографический список	
Приложение	

Валерий Васильевич Медведев

Подземный транспорт рудников

Учебное пособие

Лицензия ЛР 20525 от 02.06.97

Редактор

Сдано в производство .01.2013

Форм. бум. 60x84 1/16

Бум. тип. №2

Печать офсетная

Гарнитура литературная

Уч.- изд. л. 10,75

Усл. печ. л. 10

Тираж 60 экз.

Заказ №

Забайкальский государственный университет

672039, Чита, ул. Александро-Заводская, 30

РИК ЗабГУ