

**Ю. С. ПУХОВ**

# **ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ**

*Допущено  
Министерством высшего и среднего  
специального образования СССР  
в качестве учебника для студентов вузов,  
обучающихся по специальности  
«Строительство подземных сооружений и шахт»*

**ИЗДАНИЕ ВТОРОЕ, ПЕРЕРАБОТАННОЕ  
И ДОПОЛНЕННОЕ**



**МОСКВА "НЕДРА" 1987**

666.6(075)

УДК [622.61.002.5:681.3](075.6)

17907

Пухов Ю. С. Транспортные машины: Учебник для вузов, 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Недра, 1987. — 232 с.

Рассмотрены области применения, принципы расчета, автоматизации и эксплуатации транспортных машин и комплексов, используемых в подземных условиях и на поверхности.

Во втором издании (1-е изд. — 1979) отражены новые направления по расчету оборудования и выбору оптимальных схем транспорта с использованием ЭВМ, а также прогрессивные транспортные средства при комбайновом способе проведения выработок и строительстве подземных сооружений большого объема.

Для студентов горных вузов и факультетов, обучающихся по специальности «Строительство подземных сооружений и шахт».

Табл. 4, ил. 93, список лит. — 29 назв.

Рецензент: Б. Г. Климов, д-р техн. наук (Карагандинский политехнический институт)

БИБЛИОТЕКА  
КазПИ  
им. В. И. Ленина

П 2501020000—049  
043(01)—87 — 209—87

© Издательство «Не

Основными направлениями экономического и социального развития СССР на 1986—1990 годы и на период до 2000 года, утвержденными на XXVII съезде КПСС, определены задачи по ускорению социально-экономического развития, всемерной интенсификации и повышения эффективности производства на базе научно-технического прогресса и достижения на этой основе дальнейшего подъема благосостояния советского народа.

Успешное решение поставленных задач неразрывно связано со строительством новых и реконструкцией действующих шахт, проведением тоннелей и выполнением большого объема работ по строительству подземных сооружений различного назначения с применением комплексной механизации и автоматизации всех производственных процессов с использованием ЭВМ и микропроцессорной техники, внедрением прогрессивной технологии подземного строительства и новых форм организации труда, а также комплексной безотходной переработки минерального сырья.

При строительстве подземных сооружений, угольных и рудных шахт широко используют горнопроходческие комплексы, составной частью которых являются транспортные машины, обеспечивающие транспортирование горной массы из забоя проводимой выработки и доставку в забой оборудования и различных строительных материалов.

В создании и развитии горнотранспортных машин большая роль принадлежит русским и советским инженерам и ученым. Уже во второй половине XVIII в. изобретателем К. Д. Фроловым была изготовлена горнотранспортная установка, приводимая в действие от водоналивного колеса. В 1833—1834 гг. Е. А. и М. Е. Черепановы в своих мастерских изготовили первый в мире паровоз. В 1861 г. А. И. Лопатиным для транспортирования золотоносных песков был изобретен ленточный конвейер. В 1876 г. в России впервые применили электровоз для тяги поездов.

Большую роль в развитии науки о рудничном транспорте сыграли труды А. И. Узатиса («Курс горного искусства», 1843 г.), И. А. Тиме («Справочная книга для горных инженеров и техников по горнозаводской механике», 1879 г.), акад. А. М. Терпигорова («Доставка», 1901 г.) и других русских ученых.

После Великой Октябрьской социалистической революции транспорт на горных предприятиях начал развиваться быстрыми темпами. Для подготовительных и очистных работ в угольных и рудных шахтах начали применять различное транспортное оборудование и механизмы: погрузочные машины, ленточные, качающиеся, а позднее скребковые конвейеры.

Основоположником развития науки о рудничном транспорте является чл.-кор. АН СССР проф. А. О. Спиваковский. Большой

вклад в развитие шахтных транспортных машин внесли acad. АН СССР Н. С. Поляков, профессора Б. А. Кузнецов, А. А. Ренгевич, Н. Я. Биличенко, Я. Б. Кальницкий, Н. В. Тихонов, И. Г. Штокман, Л. Г. Шахмейстер и другие советские ученые.

Основная тенденция современного развития проходческих комплексов для проведения выработок по породам небольшой крепости, в основном в угольных и калийных шахтах, — применение комбайнового способа проходки в сочетании с ленточными телескопическими конвейерами для транспортирования из забоя горной массы и пакетно-контейнерной доставкой в забой вспомогательных грузов с помощью монорельсовых подвесных дорог или самоходного напочвенного транспорта при полной механизации погрузочно-разгрузочных и такелажных работ.

При проведении горных выработок в крепких породах буровзрывным способом наиболее перспективными средствами погрузки горной массы являются погрузочные машины непрерывного действия с нагребными лапами и периодического действия с боковой разгрузкой ковша, а также погрузочно-транспортные машины на пневмошинном механизме перемещения, обеспечивающие погрузку и транспортирование горной массы.

Для перемещения практически любых насыпных грузов, оборудования, стройматериалов и людей наиболее широко распространенным и надежным остается электровозный рельсовый транспорт. При проведении выработок большого сечения в рудных шахтах, транспортных и гидротехнических тоннелей используется автомобильный транспорт.

Цель изучения курса «Транспортные машины» студентами специальности 0206 «Строительство подземных сооружений и шахт» — получение горным инженером-строителем знаний в области выбора, расчета и эксплуатации транспортных машин и комплексов, используемых при строительстве угольных и рудных шахт, тоннелей и других подземных сооружений. Курс «Транспортные машины» изучается студентами параллельно с дисциплинами «Горные и строительные машины» и «Стационарные машины и установки» и служит базой для последующего изучения основных специальных дисциплин «Технология строительства горных предприятий» и «Технология строительства подземных сооружений».

При изучении курса студенты должны уметь правильно выбирать транспортные машины и оборудование для конкретных условий проведения выработок, выполнять эксплуатационные расчеты их с применением вычислительной техники, микроЭВМ, овладеть навыками эксплуатации современных транспортных машин на практических занятиях.

При создании учебника автором использован опыт отечественного и мирового достижения в области развития горнотранспортных машин.



## ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ, ОСНОВЫ РАСЧЕТА И ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН

---

### 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ТРАНСПОРТНЫХ МАШИНАХ И ПЕРЕВОЗИМЫХ ГРУЗАХ

#### 1.1. Виды транспортных машин и их классификация

При строительстве подземных сооружений и шахт транспортные машины обеспечивают: перемещение горной массы из подготовительного забоя по горным выработкам на поверхность и далее в отвал; снабжение подготовительного забоя необходимыми для конструктивного оформления выработки материалами и оборудованием; доставку людей до забоя и обратно к стволу шахты.

В зависимости от места функционирования транспортных машин различают *подземный транспорт*, *транспорт на поверхности* (строительной площадке и до отвалов) и *внешний*, предназначенный для доставки материалов и оборудования от заводов-изготовителей до строительной площадки.

При проведении горизонтальных и наклонных выработок подземный транспорт до ствола разделяют на *транспорт по выработкам* и *призабойный*, действующий в пределах призабойной зоны и осуществляющий технологическую связь между погрузочными средствами или проходческим комбайном и средствами транспорта горной массы или материалов по выработке.

В период реконструкции или подготовки нового горизонта и во время эксплуатации горного предприятия, когда используют как специальные средства транспорта для проведения выработок, так и транспортные средства действующей угольной или рудной шахты, подземный транспорт разделяют на *участковый*, служащий для доставки грузов между забоями и основным горизонтом шахты, и *магистральный* — для доставки грузов от участковых транспортных средств до околоствольного двора. Транспорт грузов от околоствольного двора на поверхность по наклонным или вертикальным выработкам называют *подъемом*.

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

Транспортные машины, используемые при строительстве подземных сооружений и шахт, можно классифицировать по принципу действия, способу перемещения груза и грузонесущего органа, конструкции тягового органа и способу передачи тягово-

го усилия, длительности работы на одном месте, конструктивному выполнению.

По принципу действия и характеру работы во времени транспортные машины разделяют на установки непрерывного действия, перемещающие грузы непрерывным потоком с загрузкой и разгрузкой при движении рабочего органа, и периодического действия, работа которых характеризуется периодами во времени (циклами). Загрузка и разгрузка транспортных машин периодического действия обеспечивается при полной их остановке или на малой скорости.

По способу перемещения грузов различают транспортные установки, на которых груз транспортируется скольжением по наклонной плоскости под действием собственного веса или принудительным волочением по желобам или почве; на грузонесущих элементах, например на ленте конвейера, в кузова вагонетки, ковше погрузочно-транспортной машины; в рабочей среде (водной или воздушной).

По типу привода и роду потребляемой энергии различают транспортные машины с электрическим приводом, питаемым через контактный провод, гибкий кабель или от аккумуляторных батарей, с дизельным, дизель-электрическим, гидравлическим или пневматическим приводом.

В зависимости от конструкции тягового органа тяговое усилие в транспортных машинах может передаваться различными способами. В установках с тяговыми приводными колесами или гусеницами тяговое усилие передается сцеплением; в транспортных машинах непрерывного действия с тяговыми цепями и приводными звездочками — зацеплением; в установках непрерывного действия с тяговыми лентами или канатами и гладкими приводными барабанами и шкивами — трением; в установках периодического действия с концевыми канатами и барабанными лебедками — навивкой; в пневмо- и гидротранспортных установках — рабочей средой; в установках гравитационного транспорта — силой гравитации (силой веса). В других подземных транспортных установках, которые не используются непосредственно при строительстве подземных сооружений и шахт, тяговое усилие может передаваться силой инерции (вибрационные конвейеры), электромагнитным способом (промежуточные магнитные приводы).

По длительности работы на одном месте различают транспортные машины передвижные, которые перемещают постоянно вслед за продвижением подготовительного забоя или периодически через небольшие промежутки времени (до 15 сут), полустационарные, перемещаемые через относительно большие промежутки времени, чем передвижные, и стационарные, находящиеся в эксплуатации на одном рабочем месте не менее 1,5—2 лет.

В зависимости от конструктивного исполнения и способа транспортирования различают следующие виды транспорта: ло-

комотивный по рельсовым путям, конвейерный (включая конвейерные перегружатели), самоходный, канатный (с канатной тягой по наземным рельсам или подвесным канатным путям), скреперный, 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.

При строительстве и реконструкции подземных сооружений и шахт наиболее широко применяют локомотивный транспорт, конвейеры и перегружатели, самоходные транспортные машины (погрузочно-транспортные машины, автомобили, самоходные вагоны), монорельсовые и канатные подвесные дороги.

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.

На поверхности строящейся шахты для доставки породы в отвал применяют в основном автомобильный транспорт и подвесные канатные дороги. Основными видами внешнего транспорта для доставки на стройплощадку строительных материалов и оборудования являются автомобильный и железнодорожный.

В приведенной выше классификации виды транспортных машин и вспомогательного оборудования имеют большое количество конструктивных разновидностей и типоразмеров, что обеспечивает их использование в различных условиях эксплуатации.

Конструкции транспортных машин одного вида с различной производительностью, мощностью и габаритами характеризуются параметрическим рядом, т. е. последовательностью числовых значений основных параметров. Например, за основной параметр конвейеров принята ширина грузонесущего полотна, вагонеток — вместимость кузова. Ряд основных параметров одного вида машин, дополненный другими характеристиками, называют *размерным рядом* или *типажем*. Типажи разработаны на все основные виды транспортных установок. На основании их составлены и утверждены ГОСТы, которые регламентируют параметры транспортных машин.

## 1.2. Транспортируемые грузы

При проведении горных выработок из подготовительного забоя транспортируют насыпные грузы (породу и попутно добываемое полезное ископаемое), а в подготовительный забой — в основном штучные грузы (материалы, доставляемые раздельно, в пакетах или контейнерах, оборудование), растворы (цементно-песчаные, бетонная смесь), наливные грузы (горюче-смазочные материалы, вода, эмульсии). Для балластирования рельсовых путей в подготовительный забой доставляют также насыпные грузы (щебень, гравий, песок).

Для выбора конструкции транспортной машины и правильной ее эксплуатации необходимо учитывать вид грузов и их основные свойства и характеристики.

Основными характеристиками насыпных грузов являются:

*кусоватость* (гранулометрический состав) — количественное соотношение кусков различных размеров в отделенной от массава горной массе. Крупность определяется линейным размером куска груза в наибольшем измерении. Насыпные грузы называют рядовыми, если отношение максимального размера куска к минимальному равно или больше 2,5, и сортированными, если это соотношение меньше 2,5.

Для породы, угля и других насыпных грузов, исключая руду, принята следующая градация по крупности кусков: крупнокусковые (размер куска более 160 мм); среднекусковые (60—160 мм); мелкокусковые (10—60 мм); зернистые (0,5—10 мм); порошкообразные (0,05—0,5 мм); пылевидные (менее 0,05 мм). Градация кусковатости для руды: очень крупная (более 600 мм); крупнокусковая (300—600 мм); среднекусковая (100—300 мм); рудная мелочь (менее 100 мм). Наибольший размер куска руды, который выдается из забоя и может перемещаться транспортными средствами, называют *кондиционным*. Кусок руды, превышающий по размерам кондиционный, называется *негабаритом*, не подлежащим транспортированию и разрушаемым в забое вторичным дроблением. Долю негабаритных кусков в отбитой горной массе называют *выходом негабарита*.

При проведении выработок проходческими комбайнами из подготовительного забоя обычно выдают мелко- и среднекусковую горную массу, а при буровзрывной отбойке — средне- и крупнокусковую.

Кусковатость насыпных грузов необходимо учитывать при выборе вида транспортной машины и размеров грузонесущих элементов;

*плотность* — отношение массы груза к занимаемому объему ( $t/m^3$ ). Различают плотность монолитной породы в целике  $\gamma_m$  и плотность разрыхленной горной массы  $\gamma$  — насыпную плотность. Плотность горной массы зависит от крупности кусков и влажности. Отношение плотности в целике к насыпной плотности называют коэффициентом разрыхления горной массы  $k_p = \gamma_m/\gamma > 1$ , который характеризует увеличение объема разрыхленной горной массы по сравнению с объемом в целике. Для некрепких пород и угля  $k_p = 1,1 \div 1,4$ , для крепких пород  $k_p = 1,4 \div 1,8$ .

Плотность горной массы учитывают при определении производительности транспортных машин и выполнении тяговых расчетов;

*угол естественного откоса* — угол между образующей конуса из свободно насыпанной горной массы и горизонтальной плоскостью, величина которого характеризует степень подвижности отдельных частиц горной массы. Для одной и той же горной мас-

сы в зависимости от влажности, кусковатости и других параметров угол естественного откоса принимает различные значения.

Различают угол естественного откоса в покое  $\rho_n$  и в движении  $\rho_d$ . При перемещении насыпного груза происходит его встряхивание или ворошение, а потому угол естественного откоса в движении для одного и того же груза меньше, чем угол естественного откоса в покое:  $\rho_d = 0,35 \div 0,7 \rho_n$ .

$\rho_d$  зависит от кусковатости груза, его влажности и других характеристик. По величине  $\rho_d$  определяют площадь поперечного сечения или объем насыпного груза на транспортных установках;

*крепость горных пород* характеризуют коэффициентом крепости по шкале проф. М. М. Протодяконова.  $f_k = \sigma_{сж}/10$ , где  $\sigma_{сж}$  — временное сопротивление разрушению образца породы, МПа. Для всех горных пород  $f_k = 0,5 \div 20$ . Различают породы некрепкие ( $f_k = 3 \div 4$ ), средней крепости ( $f_k = 4 \div 9$ ), крепкие ( $f_k = 10 \div 14$ ) и весьма крепкие ( $f_k = 15 \div 20$ ). При проведении работ по некрепким породам возможно применение проходческих комбайнов, по средним и крепким используют обычно взрывную отбойку;

*абразивность* — свойство горной массы истирать (изнашивать) взаимодействующие с нею рабочие поверхности машин в процессе загрузки, транспортирования и разгрузки. Степень абразивности зависит от крепости, размеров и формы частиц горной массы. По степени абразивности транспортируемые насыпные грузы разделяют на четыре группы: *A* — неабразивные; *B* — малоабразивные; *C* — средней и *D* — высокой абразивности.

При выборе и эксплуатации транспортных машин, используемых для перевозки абразивных грузов, необходимо принимать меры по уменьшению износа грузонесущих элементов машин путем соответствующего выбора вида и типа машины, использования защитных футеровок, надежных уплотнений.

На выбор транспортных средств и их эксплуатацию оказывают влияние такие характеристики насыпных грузов, как влажность, липкость, склонность к слеживаемости и самовозгоранию и др.

В подготовительный забой доставляют следующие основные штучные грузы: крепь и изделия из железобетона (стойки, затяжки, лотки, шпалы), металлическую крепь (верхняки и стойки), металлопрокат (рельсы, трубы, двутавры, швеллеры), лесные материалы (стойки, брусья, затяжки, шпалы), машины и оборудование (погрузочные и погрузочно-транспортные машины, проходческие комбайны, буровые установки, канаты, электрооборудование и др.).

Штучные грузы, транспортируемые отдельно или в укрупненных грузовых (затаренных) единицах (пакетах, контейнерах, кассетах), характеризуются тремя основными параметрами: массой, формой и габаритами. В зависимости от характеристики штучных грузов выбирают вид и параметры транспортных установок для их перемещения. Для перевозки людей к месту работы и обрат-

но применяют специализированные транспортные машины, обеспечивающие комфорт и безопасность движения.

Основными характеристиками бетонной смеси являются плотность, срок схватывания и подвижность — способность растекаться без расслоения и заполнять форму под влиянием силы веса или небольшого механического воздействия. Поэтому время транспортирования от бетономесителя до места укладки бетонной смеси должно быть меньше времени ее схватывания, и при транспортировании смесь не должна расслаиваться. Однородность смеси заметно нарушается в местах перегрузки, поэтому готовую бетонную смесь желательно транспортировать до места укладки без промежуточных перегрузок. Этим условиям наиболее полно удовлетворяет трубопроводный транспорт бетонной смеси.

Наливные грузы, основной объем которых составляют горюче-смазочные материалы для самоходного оборудования с дизельным двигателем, эмульсии для различных гидрофицированных установок перевозят в автоцистернах или специализированных вагонетках, а также подают с поверхности в шахту по трубам.

### 1.3. Грузооборот и грузопотоки

Количество перемещаемых насыпных грузов ( $m^3$  или  $t$ ) из подготовительных забоев и материалов и оборудования в единицу времени (смену, сутки или год) называют *грузооборотом* по горной массе или по вспомогательным грузам. Грузооборот действующей шахты, определяемый перемещением количества полезного ископаемого в единицу времени, характеризует производственную мощность шахты ( $t/год$ ).

Количество груза, транспортируемое по определенной трассе в единицу времени, называют *грузопотоком*.

Изменение грузопотока во времени характеризуется *коэффициентом неравномерности*

$$k_n = (Q_{max}/Q_{cp}) < 1,$$

где  $Q_{max}$  — максимальное значение грузопотока в единицу времени,  $t/ч$  ( $t/мин$ );  $Q_{cp}$  — среднее значение грузопотока за время работы машины в течение смены,  $t/ч$  ( $t/мин$ ).

Для подготовительного забоя среднее значение грузопотока ( $t/мин$ )

$$Q_{cp} = \Omega_n L_n \gamma_m / 60 t_m,$$

где  $\Omega_n$  — сечение выработки в проходке,  $m^2$ ;  $L_n$  — среднесменный темп проходки,  $m$ ;  $\gamma_m$  — плотность породы в массиве,  $t/m^3$ ;  $t_m$  — машинное (чистое) время работы комбайна или погрузочной машины в течение смены,  $ч$ .

При поступлении грузопотоков из нескольких подготовительных забоев на сборный конвейер (например, в угольной шахте) величина суммарного грузопотока ( $t/мин$ )

$$Q_{\text{ср. } \Sigma} = z_n \sum_{i=1}^n Q_{\text{ср } i},$$

где коэффициент  $z_n$  равен 0,93; 0,85; 0,75 и 0,6 при числе подготовительных забоев соответственно 2, 3, 4 и 5 и более, из которых горная масса подается на сборный конвейер.

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

$$Q_p = Q_{\text{см}} k_n / t_m = Q_{\text{см}} k_n / t_{\text{см}} k_n,$$

где  $Q_{\text{см}}$  — сменный грузопоток, т/см;  $t_m$  — машинное время, в течение которого работает машина за смену, ч (мин);  $t_{\text{см}}$  — длительность смены, ч (мин);  $k_n = t_m / t_{\text{см}} < 1$  — коэффициент использования машины во времени (коэффициент машинного времени).

Коэффициент неравномерности грузопотока из подготовительных забоев  $k_n = 2 \div 4,5$ ; по магистральным выработкам  $k_n = 1,3 \div 1,5$ , а коэффициент использования погрузочных и транспортных установок во времени  $k_n = 0,3 \div 0,7$ .

Производительность выбранной транспортной машины должна быть больше расчетного грузопотока на 15—20%.

Для снижения (сглаживания) неравномерности грузопотоков используют промежуточную бункеризацию горной массы путем установки в транспортной линии аккумулирующей емкости. Применение аккумулирующей емкости в подготовительных забоях обеспечивает увеличение коэффициента использования проходческого комбайна или погрузочной машины во времени, уменьшая тем самым простой во вине транспорта, а также позволяет раздельное транспортирование угля и породы при проходке выработок смешанным забоем в угольных шахтах.

В качестве аккумулирующей емкости при проведении выработок используют горные, механизированные полустационарные или передвижные бункера, в днище которых встроен скребковый конвейер.

В рудных шахтах роль горных бункеров выполняют рудоспуски. В угольных шахтах при использовании конвейерного транспорта для выдачи из подготовительного забоя горной массы при проходке выработок смешанным забоем с раздельным транспортированием угля и породы целесообразно применение механизированных бункеров с донным конвейером, устанавливаемых на сопряжении проводимой и магистральной конвейеризированной выработок. Установка данных бункеров обеспечивает оптимальный во времени режим работы конвейерной линии, обслуживающей очистной и подготовительный забой при независимой их работе.

Вместимость механизированного бункера выбирают в зависимости от объема пустой породы или породы с малым содержанием угля, доставляемой из подготовительного забоя в течение смены. В определенные периоды рабочей смены или между сменами

порода из механизированного бункера донным конвейером разгружается на магистральный конвейер.

При рельсовом и самоходном транспорте и использовании перегружателей аккумулирующую емкость можно располагать на самом перегружателе (бункер-перегружатель), являющемся связующим звеном между комбайном или погрузочной машиной и загружаемыми вагонетками или самоходным вагоном. Горная масса во время обмена партий вагонеток или движения самоходного вагона накапливается в аккумулирующей емкости бункера-перегружателя, вместимость ( $m^3$ ) которого

$$V_6 = k_{н.п} Q_{ср} t_{об} / 3600 \gamma,$$

где  $k_{н.п} = 1,1 \div 1,2$  — коэффициент неравномерности поступления партии вагонеток под бункер-перегружатель;  $t_{об}$  — время на обмен вагонеток, с.

Роль аккумулирующей емкости выполняют так называемые бункера на колесах, т. е. дополнительные составы вагонеток, проходческие вагоны с донным скребковым конвейером и бункер-поезда.

Величина грузопотока материалов и оборудования, доставляемых в подготовительный забой, определяется типом крепи и затяжки, сечением выработки, скоростью ее проведения, протяженностью проводимой выработки, принятой технологией ее проведения, горно-геологическими условиями и другими факторами.

Например, при строительстве угольной шахты для проведения выработки площадью сечения в свету до  $10,5 m^2$ , скорости проходки  $20 m/сут$  и крепления арочной металлической крепью с железобетонными затяжками суточная потребность в материалах составляет  $30-40 t$ . На основании потребности определяют расчетные грузопотоки доставляемых материалов в подготовительный забой, выбирают вид и тип транспортной машины.

#### 1.4. Основные показатели качества и надежности транспортных машин

Проходческий комплекс представляет собой сложную взаимосвязанную механическую систему, в которую входят транспортные машины. Выход из строя одной из транспортных машин проходческого комплекса влечет за собой остановку работы в забое проводимой выработки.

Для обеспечения безаварийной работы с минимальными простоями транспортные машины должны обладать высоким *качеством*, т. е. совокупностью свойств, обуславливающих их пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с их назначением. Количественную характеристику одного или нескольких свойств транспортных машин, составляющих их качество, рассматриваемую применительно к определенным условиям эксплуатации, называют *показателем качества*.

Основными показателями качества транспортных машин являются надежность, технологичность, транспортабельность, стан-



дартизация и унификация, безопасность, эргономика, экологика и эстетика.

*Надежность машины* или транспортной системы — это свойство сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, ремонтов, хранения и транспортирования. Надежность является сложным свойством, которое состоит из сочетаний свойств: безотказности, ремонтпригодности, долговечности и сохраняемости.

Безотказность — свойство транспортной машины сохранять работоспособность (выполнять заданные функции) в течение некоторой наработки (продолжительности работы) без вынужденных перерывов. Показателем безотказности является вероятность  $p(t)$  безотказной работы машины в течение заданного времени  $t$ :

$$p(t) = e^{-\lambda t},$$

где  $\lambda = 1/T_{от}$  — интенсивность отказов (событий, вызывающих нарушение работоспособности),  $ч^{-1}$ ;  $T_{от}$  — наработка на отказ, определяющая среднее значение наработки машины между отказами,  $ч$ :

$$T_{от} = t/n,$$

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

Если в транспортной цепи машины установлены последовательно, то интенсивность отказов системы равна сумме интенсивностей отказов каждой машины этой системы.

Ремонтпригодность — свойство машины к предупреждению и обнаружению причин возникновения повреждений и поддержанию и восстановлению работоспособного состояния путем проведения технического обслуживания и ремонтов. Ремонтпригодность характеризуется средней продолжительностью восстановления отказа  $T_{вос}$  (время устранения неисправности). Коэффициент ремонтпригодности  $k_{рем} = T_{вос} / (T_{от} + T_{вос})$ .

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

Сохраняемость — свойство транспортной машины сохранять значения показателей безотказности, долговечности и ремонтпригодности в течение хранения и (или) транспортирования и после.

Комплексным показателем надежности является коэффициент готовности  $k_r$ , который характеризует две ее составляющие — безотказность и ремонтпригодность:

$$k_r = T_{от} / (T_{от} + T_{вос}).$$

Коэффициент готовности влияет на эксплуатационную производительность транспортных машин.

Учитывая надежность, проходческие комплексы, включающие транспортные машины, можно объединить в четыре основные группы:

с последовательным соединением транспортных машин, например перегружатель — конвейерная линия. Отказ одного из элементов транспортной системы ведет к прекращению работы комплекса, при этом коэффициент готовности системы равен произведению коэффициентов готовности каждого конвейера, т. е. с увеличением числа машин в транспортной системе готовность ее снижается;

с параллельным соединением элементов транспортной системы, когда при отказе одного из элементов другие продолжают работать. Например, комплексы, в которые входят локомотивный или автомобильный транспорт;

с последовательным соединением элементов и промежуточным бункером. При отказе и последующем восстановлении одного из элементов другие могут работать или простаивать в зависимости от степени заполнения промежуточного бункера;

со смешанным соединением элементов, которые образуют группы с последовательным или параллельным соединением машин, например принимающий горную массу от комбайна перегружатель и конвейерная линия с последующей перегрузкой в вагонетки локомотивной откатки по магистральным выработкам. В этом случае коэффициент готовности определяют для групп элементов, составляющих комплекс машин, причем каждую группу принимают за самостоятельный комплекс машин с последовательным или параллельным соединением элементов.

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

*Эстетические* показатели определяют информационную выразительность, рациональность формы и другие критерии.

Показатели *стандартизации* и *унификации* характеризуют насыщенность машины стандартными и унифицированными частями, узлами и целыми агрегатами, что позволяет комплектовать транспортные машины различных типоразмеров из однотипных частей и агрегатов, повысить надежность машины, снизить трудоемкость изготовления и стоимость ремонта.

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

Транспортные машины оценивают комплексным показателем качества, который характеризует несколько их свойств (параметров). Относительную характеристику качества машин, основанную на сравнении комплексных показателей с соответствующими базовыми показателями, называют *уровнем качества*.

Базовый показатель качества эталона-машины, имеющей наиболее высокие достигнутые параметры, — это такой показатель, который принят за исходный при сравнительных оценках качества. Если уровень качества эталона-машины с базовыми показателями принять равным единице, то уровень качества сравниваемых практически существующих машин будет меньше единицы.

Показатели качества могут быть заданы абсолютными или относительными величинами. Абсолютные величины показателей качества выражают количественно в натуральных единицах измерения (т, м), кВт). Они приемлемы при сравнении машин, сходных по конструкции и с одинаковыми основными параметрами. Относительные величины показателей качества выражают отношение абсолютных показателей к значению основного параметра сравниваемых машин одного вида (например, вместимость кузова вагонетки, мощность двигателя привода). Использование относительных показателей качества позволяет сравнивать однотипные транспортные машины с различными значениями основных параметров, но различных типоразмеров.

Повышение качества транспортных машин, используемых для доставки горной массы и вспомогательных грузов, обеспечивает увеличение производительности, темпов проведения горных работ и снижение затрат на строительство подземных сооружений и шахт.

## 2. ОСНОВЫ ТЕОРИИ И РАСЧЕТА ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН

### 2.1. Производительность

Производительностью транспортной машины называют количество груза, перевезенного в единицу времени. Производительность может быть выражена в массовых  $Q$  (т/ч) или объемных  $V$  (м<sup>3</sup>/ч) показателях, причем  $Q = V\gamma$ .

Различают теоретическую, техническую и эксплуатационную производительность транспортной машины.

*Теоретическая* производительность — максимальная производительность при непрерывной работе транспортной машины, наибольшем заполнении грузом ее грузонесущих элементов, максимальной скорости движения без учета ограничений по мощности привода и прочности тяговых элементов.

*Техническая* или *паспортная* (указываемая в заводской характеристике машины) производительность  $Q_T$  — наибольшая производительность (т/ч или м<sup>3</sup>/ч) при непрерывной работе транспортной машины, полном использовании ее конструктивных возможностей и с учетом физико-механических свойств транспортируемой горной массы, мощности привода, прочности тяговых элементов, длины и угла транспортирования.

Минутную техническую производительность (т/мин или м<sup>3</sup>/мин) конвейеров (количество горной массы, которое может

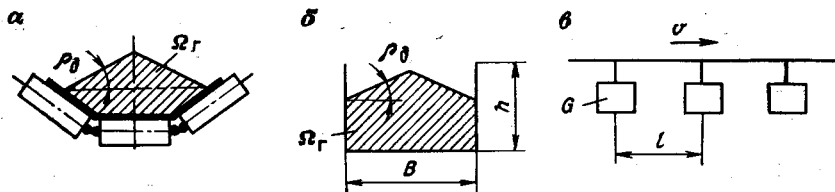


Рис. 2.1. Схемы к определению производительности транспортных машин непрерывного действия

принять в минуту движущаяся лента) называют приемной способностью конвейера.

Эксплуатационная производительность  $Q_э$  — фактическая производительность транспортной машины с учетом интенсивности загрузки и простоев по техническим, организационным и технологическим причинам (т/смену или  $m^3/смену$ , т/сут или  $m^3/сут$ ):

$$Q_э = Q_т k_n t_{см}. \quad (2.1)$$

Техническая производительность транспортной машины непрерывного действия  $Q_т$  (т/ч) равна произведению массы груза  $q$  (кг/м), приходящейся на 1 м длины грузонесущего полотна, на скорость транспортирования  $v$  (м/с):

$$Q_т = 3600qv/1000 = 3,6qv, \quad (2.2)$$

откуда

$$q = Q_т/3,6v. \quad (2.3)$$

Объемная техническая производительность ( $m^3/ч$ )  $V_т = 3,6qv/\gamma$ .

Масса груза, приходящаяся на 1 м длины грузонесущего органа, (кг/м) при движении непрерывным потоком определяется площадью поперечного сечения потока груза  $\Omega_r$  ( $m^2$ ) (рис. 2.1, а) или  $q = 1000\Omega_r\gamma$ , тогда техническая производительность

$$Q_т = 3600\Omega_r\gamma v. \quad (2.4)$$

Если площадь поперечного сечения транспортируемого груза  $\Omega_r$  не может быть определена или замерена, но известна геометрическая площадь ( $m^2$ ) поперечного сечения грузонесущего органа  $\Omega_0 = Bh$  (рис. 2.1, б), то техническую производительность определяют с учетом коэффициента заполнения  $k_з = \Omega_r/\Omega_0$ . Тогда

$$q = 1000\Omega_0 k_з \gamma k_\beta; \quad (2.5)$$

$$Q_т = 3600\Omega_0 k_з \gamma k_\beta v; \quad (2.6)$$

$$V_т = 3600\Omega_0 k_з k_\beta v, \quad (2.7)$$

где  $k_\beta$  — коэффициент, учитывающий изменение производительности от угла наклона установки транспортной машины непрерывного действия.

Для подвесной канатной дороги или канатной откатки непрерывного действия, на которых груз  $G$  (кг) перемещается в ваго-

нетках, закрепленных на тяговом органе через определенный шаг  $l$  (м) (рис. 2.1, в),  $q = G/l$ , а производительность (т/ч)

$$Q_{\tau} = 3,6Gv/l = 3,6G/t, \quad (2.8)$$

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

Производительность транспортной машины периодического действия (т/ч) равна произведению грузоподъемности транспортного сосуда  $G$  (кг), количества сосудов  $z$  и числа рейсов  $n_p$  в час:

$$Q_{\tau} = Gzn_p/1000 = 3,6Gz/t_p. \quad (2.9)$$

Время рейса (с)

$$t_p = 3600/n_p = t_{\text{погр}} + t_{\text{гр}} + t_{\text{раз}} + t_{\text{пор}} + t_{\text{доп}}, \quad (2.10)$$

где  $t_{\text{погр}}$ ,  $t_{\text{гр}}$ ,  $t_{\text{раз}}$ ,  $t_{\text{пор}}$  и  $t_{\text{доп}}$  — соответственно время погрузки, движения в грузовом направлении, разгрузки, движения в порожняковом направлении и дополнительное за один рейс, с.

## 2.2. Сопротивления движению и сила тяги

При перемещении транспортной машины возникают силы, препятствующие ее движению, которые называют силами сопротивления. На преодоление сил сопротивлений затрачивается тяговое усилие или сила тяги  $F$ , которая создается приводом тяговых элементов, например при взаимодействии приводных колес или гусениц с рельсами или дорогой. Величина силы тяги при движении транспортной машины равна алгебраической сумме всех сил сопротивлений движению.

При перемещении груза массой  $G$  (кг) по горизонтальной плоскости (рис. 2.2, а) сила сопротивления движению (Н)

$$W_0 = fGg,$$

где  $f$  — коэффициент трения скольжения;  $g$  — ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>.

При перемещении груза  $G$  (кг) по горизонтальной плоскости в грузонесущем сосуде (рис. 2.2, б) с собственной массой  $G_0$  (кг) сопротивление перемещению (Н)

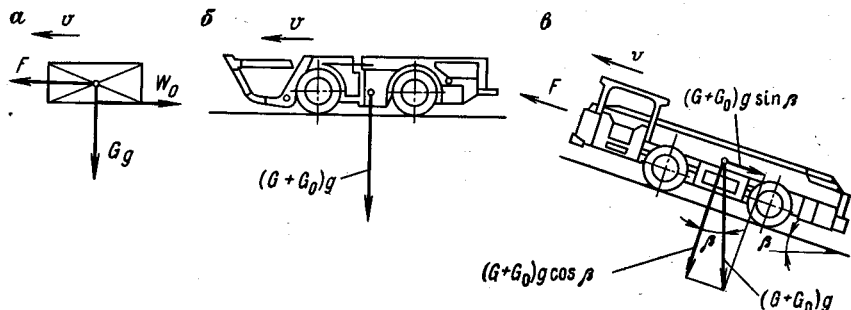


Рис. 2.2. Схемы расчета сил сопротивления движению сосредоточенных грузов

$$W_0 = \omega_0 (G + G_0) g, \quad (2.11)$$

где  $\omega_0$  — коэффициент ходового сопротивления движению, определяемый как отношение сил сопротивления движению к весу перемещаемого груза, т. е.  $\omega_0 = W_0 / (G + G_0) g$ .

Если силы сопротивления движению  $W_0$  (Н) и вес транспортируемого груза  $(G + G_0) g$  (Н) выражены в одних и тех же единицах, то коэффициент сопротивления движения  $\omega_0$  в расчетах, например конвейеров, принимают как безразмерную величину. Если  $W_0$  выражено в Н, а  $(G + G_0) g$  — в кН ( $G$  и  $G_0$  выражены в т), например при расчете локомотивного или самоходного транспорта, то коэффициент  $\omega_0$  приобретает размерность Н/кН и называется *удельным сопротивлением*.

Величина  $\omega_0$  зависит от многих факторов, например для транспортных установок с ходовыми колесами — от диаметра цапфы и самого колеса, коэффициента трения в подшипнике цапфы, коэффициента трения качения, определяемого жесткостью колеса и состоянием дорожного полотна. Для практических расчетов пользуются  $\omega_0$ , определяемым только экспериментальным путем.

Коэффициент  $\omega_0$  называют *коэффициентом основного сопротивления*, по которому определяют силы основного сопротивления. Кроме основных сопротивлений при движении транспортной установки возникают *дополнительные сопротивления* на уклоне, криволинейных участках пути, от воздушной среды, сил инерции.

Основное сопротивление (Н) движению транспортной установки периодического действия по наклонным путям с углом наклона  $\beta$  (рис. 2.2, в)

$$W_0 = \omega_0 (G + G_0) g \cos \beta. \quad (2.12)$$

Дополнительное сопротивление (Н) на уклоне определяется продольной составляющей веса:

$$W_y = \pm (G + G_0) g \sin \beta. \quad (2.13)$$

Знак (+) принимают при движении вверх, знак (—) — при движении вниз по уклону.

При локомотивной откатке  $\beta < 3^\circ$ , поэтому  $\cos \beta \approx 1$ ,  $\sin \beta = \operatorname{tg} \beta = i'$ .  $i' = i / 1000$ , где  $i$  — уклон пути, выраженный в тысячных долях, — промилле (‰). Тогда коэффициент дополнительного сопротивления  $\omega_d = \pm i$ , а удельное сопротивление от уклона  $\omega_y = 1000 \operatorname{tg} \beta$  (Н/кН), т. е. численно равно количеству промилле. Например, при  $i' = 0,003$  или  $i = 3\text{‰}$   $\omega_y = 3$  Н/кН.

Дополнительные сопротивления на криволинейных участках пути возникают, например, при движении вагонеток в результате трения реборд колес о рельсы под действием центробежных сил, в установках с гибким тяговым органом вследствие сил трения тягового органа на направляющих роликах или на шкивах.

Удельное сопротивление на криволинейных участках  $\omega_{кр}$  (Н/кН) определяют расчетным путем как для гибких тяговых органов или экспериментальным.

При движении транспортной машины сопротивление воздушной среды  $W_{\text{в}}(\text{Н})$  прямо пропорционально квадрату скорости движения  $v$  (км/ч) и площади  $\Omega_{\text{л}}$  ( $\text{м}^2$ ) лобового сечения, определяемого, например для самоходной машины, как произведение ширины колес на высоту машины:

$$W_{\text{в}} = \rho \Omega_{\text{л}} v^2,$$

где  $\rho = 6 \div 7,5$  — коэффициент обтекаемости.

При скорости движения  $v \leq 20$  км/ч сопротивление воздушной среды не учитывают.

Дополнительные сопротивления от динамической нагрузки  $W_{\text{д}}(\text{Н})$  или от сил инерции возникают при неустановившемся движении транспортной установки массой  $M$  (кг) с ускорением или замедлением  $a$  ( $\text{м}/\text{с}^2$ ):

$$W_{\text{д}} = \pm Ma = \pm (G + G_0) k_{\text{ин}} a / g, \quad (2.14)$$

где  $k_{\text{ин}}$  — коэффициент учета инерции вращающихся масс транспортной установки. Для локомотивного транспорта  $k_{\text{ин}} = 1,075$ .

Удельное динамическое сопротивление ( $\text{Н}/\text{кН}$ )

$$w_{\text{д}} = 1000 k_{\text{ин}} a / g \approx 108a. \quad (2.15)$$

Суммарное сопротивление движению транспортной установки ( $\text{Н}$ )

$$W_{\text{с}} = W_0 + W_{\text{у}} + W_{\text{кр}} + W_{\text{в}} + W_{\text{д}}. \quad (2.16)$$

Например, для локомотивного транспорта при массе локомотива  $P_{\text{т}}$  и числе вагонеток в составе  $z$  суммарное сопротивление движению (без учета сопротивления воздушной среды)

$$W_{\text{с}} = [P + z(G + G_0)] g (\omega_0 \pm i + \omega_{\text{кр}} + 108a). \quad (2.17)$$

Так как тяговое усилие  $F$ , создаваемое приводом транспортной установки, равно алгебраической сумме всех сопротивлений и направлено в сторону движения, то  $F = W_{\text{с}}$ .

Зависимость тягового усилия привода от статических и динамических сил сопротивления движению называют *уравнением движения*.

В общем виде уравнение движения имеет вид

$$F = \Sigma W_{\text{ст}} + W_{\text{д}}, \quad (2.18)$$

где  $\Sigma W_{\text{ст}}$  — суммарное статическое сопротивление движению,  $\text{Н}$ , или

$$F = \Sigma W_{\text{ст}} + M \frac{dv}{dt}. \quad (2.19)$$

Удельная сила тяги ( $\text{Н}/\text{кН}$ )

$$f' = F / gG_{\text{с}} = \Sigma \omega_{\text{ст}} + \frac{k_{\text{ин}}}{g} \frac{dv}{dt},$$

где  $gG_{\text{с}}$  — суммарный вес перемещаемого груза,  $\text{кН}$ ;  $\Sigma \omega_{\text{ст}} = \Sigma W_{\text{ст}} / gG_{\text{с}}$  — суммарный коэффициент статического сопротивления,  $\text{Н}/\text{кН}$ .

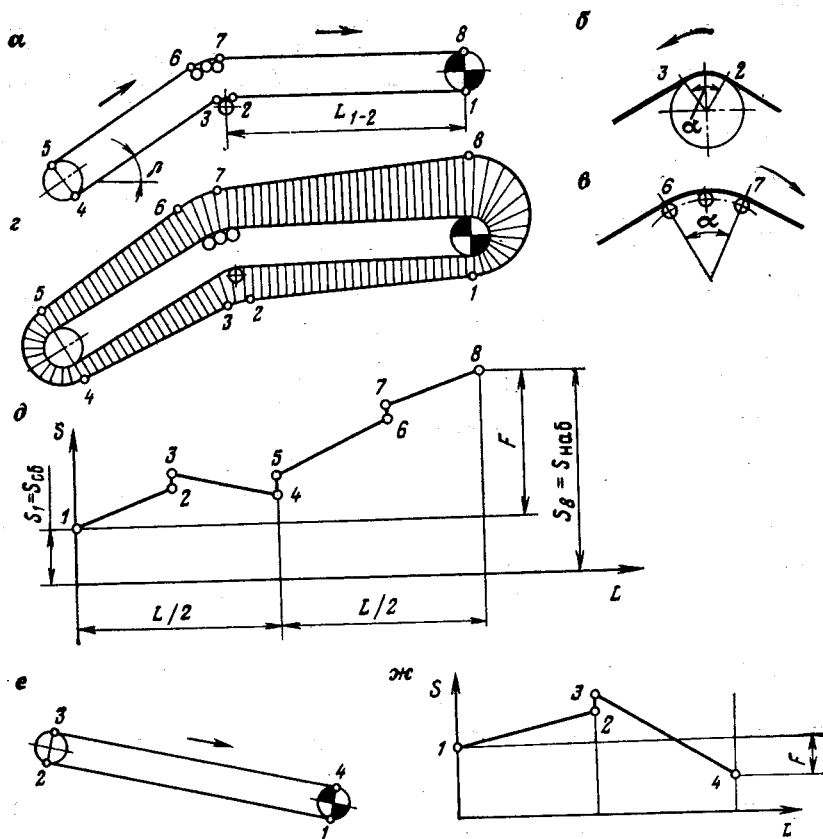


Рис. 2. 3. Схемы расчета сил сопротивления движению гибких тягово-несущих органов транспортных машин

Ускорение транспортной установки ( $m/c^2$ )

$$\frac{dv}{dt} = \frac{g}{k_{ин}} (f' - \Sigma \omega_{ст}).$$

При постоянной скорости движения  $f' = \Sigma \omega_{ст}$ .

В транспортных установках с гибким тяговым органом для определения сил сопротивления и силы тяги используют метод расчета *обхода контура по точкам*. По этому методу вычерчивают контур тягового органа и разбивают его на прямолинейные и криволинейные участки, нумеруя точки сопряжения этих участков (рис. 2.3, а). Нумерацию начинают с точки наименьшего натяжения тягового органа, величину которого либо задают (для скребкового конвейера), либо рассчитывают (для ленточных конвейеров). Обычно это точка сбегания тягового органа с приводного барабана или звездочки. Далее нумерацию характерных точек производят последовательно по ходу движения тягового органа.



Методом обхода контура по точкам определяют натяжение в набегающей и сбегающей ветвях у привода, по которым находят общее сопротивление и тяговое усилие привода.

Общее правило данного метода при определении силы натяжения в точках контура следующее: натяжение тягового органа в каждой последующей по его направлению движения точке равно натяжению в предыдущей точке плюс сопротивление на участке между этими точками.

Для рассматриваемой схемы (см. рис. 2.3, а) натяжение в точках 1 и 2:

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

$$W_{1-2} = \omega_0 L_{1-2} (q_T + q''_p) g,$$

где  $L_{1-2}$  — длина прямолинейного участка тягового органа между рассматриваемыми точками, м;  $q_T$  и  $q''_p$  — масса тягового органа и вращающихся частей роликоопор холостой ветви, кг/м;  $\omega_0$  — коэффициент сопротивления перемещению.

Натяжение в последующей точке 3

$$S_3 = S_2 + W_{2-3}; \quad W_{2-3} = W_{кр.}$$

Сопротивление движению тягового органа на криволинейных участках, например на отклоняющих барабанах или звездочках, батарее роликов, определяется коэффициентом сопротивления перемещению  $\mu$  на этом участке и углом обхвата  $\alpha$  (рис. 2.3, б и в):

$$W_{кр.} = S_{нб} (e^{\mu\alpha} - 1) \quad \text{или} \quad W_{2-3} = S_2 (e^{\mu\alpha} - 1).$$

Сопротивление  $W_{кр.}(H)$  обычно учитывают коэффициентом увеличения натяжения тягового органа  $k_y = S_{сб}/S_{нб}$ . Для рассматриваемого случая  $k_y = S_3/S_2$ , тогда  $S_3 = k_{y(2-3)} S_2$ .

Для приближенных расчетов при угле обхвата тяговым органом  $\alpha = 90^\circ \div 180^\circ$  для конвейерной ленты и тягового каната  $k_y = 1,02 \div 1,06$ ; для тяговой цепи  $k_y = 1,05 \div 1,15$ .

При дальнейшем обходе контура по точкам:

$$S_4 = S_3 + W_{3-4}; \quad W_{3-4} = L_{3-4} [(q_T + q''_p) \omega_0 \cos \beta - q_T \sin \beta] g;$$

$$S_5 = k_{y4-5} S_4; \quad S_6 = S_5 + W_{5-6};$$

$$W_{5-6} = L_{5-6} [(q + q_T + q'_p) \omega_0 \cos \beta + (q + q_T) \sin \beta] g,$$

где  $q'_p$  — масса вращающихся частей стационарных роликоопор грузовой ветви, кг/м.

$$S_7 = k_{y(6-7)} S_6; \quad S_8 = S_{нб} = S_7 + W_{7-8}.$$

Суммарное сопротивление и тяговое усилие на валу приводного барабана (H)

$$W_c = F = S_8 - S_1 = S_{нб} - S_{сб} + W_{п.б}, \quad (2.20)$$

где  $W_{п.б}$  — сопротивление на приводном валу барабана, H.

По найденным натяжениям в точках контура строят эпюру натяжений тягового органа на самом контуре (рис. 2.3, з) или диаграмму натяжений (рис. 2.3, д).

На рис. 2.3, *е* показана схема бремсбергового конвейера, транспортирующего груз вниз, а на рис. 2.3, *ж* — диаграмма напряжений тягового органа этого конвейера.

### 2.3. Мощность привода и расход энергии

Расчет мощности привода зависит от режима его работы. Для длительного режима с постоянной нагрузкой в режиме тяги мощность (кВт) двигателя привода

$$N = k_{\text{зап}} Fv/1000\eta \quad (2.21)$$

и в режиме электрического торможения (кВт)

$$N = k_{\text{зап}} Fv\eta/1000, \quad (2.22)$$

где  $k_{\text{зап}} = 1,1 \div 1,2$  — коэффициент запаса мощности;  $\eta$  — к. п. д. передаточного механизма привода.

Для транспортных установок с нестабильным режимом работы, например установок периодического действия, мощность двигателя рассчитывают по нагреву, соответствующему эквивалентному тяговому усилию  $F_э$ .

Эквивалентное тяговое усилие двигателя (Н) определяется как среднеквадратическое значение за цикл работы:

$$F_э = \sqrt{\frac{F_1^2 t_1 + F_2^2 t_2 + \dots + F_n^2 t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n + c_1\theta}}, \quad (2.23)$$

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

Мощность двигателя по эквивалентной нагрузке определяют по формулам (2.21) и (2.22), подставляя  $F_э$  вместо  $F$ .

В транспортных машинах в зависимости от их конструкции, назначения и условий эксплуатации применяют следующие виды приводов: электрический, пневматический, инерционный и дизельный. От привода на рабочий орган передача усилий может осуществляться через механическую, гидромеханическую или электромеханическую трансмиссию.

Установленную мощность двигателя проверяют по перегрузочной способности. Для асинхронного двигателя кратность момента двигателя (отношение максимального тягового усилия двигателя к номинальному тяговому усилию) должна находиться в пределах 1,8—2,2.

Расход энергии  $\mathcal{E}$  (МДж) за фактическое машинное время  $t_m$  (ч) работы транспортной установки в смену

$$\mathcal{E} = 3,6Nt_m. \quad (2.24)$$

Удельный расход энергии (МДж/(т·км)) при сменной производительности  $Q_{см}$  (т/см) и длине транспортирования  $L_T$  (км)

$$\mathcal{E}_{уд} = 3,6Nt_m/Q_{см}L_T. \quad (2.25)$$

Одним из важнейших вопросов является экономное расходование энергии. На транспортных машинах это может быть достигнуто правильным выбором мощности привода в зависимости от нагрузки и обеспечением с помощью микропроцессоров оптимальных режимов их работы, сокращением неоправданных холостых пробегов, уменьшением сопротивления перемещению, например поддержанием в хорошем состоянии рельсовых путей и дорог для самоходных машин. Большая экономия электроэнергии достигается при использовании регулируемого тиристорного управления приводными электрическими двигателями, а также микропроцессорных систем, обеспечивающих регулирование подачи электроэнергии к приводу, например конвейера с несколькими приводными блоками в зависимости от степени загрузки ленты.

#### 2.4. Применение ЭВМ для определения основных параметров транспортных машин

В научно-исследовательских и проектно-конструкторских институтах и вузах горного профиля разработаны алгоритмы и программы по расчету локомотивной откатки, конвейерного транспорта, концевой канатной откатки, самоходного транспорта. Использование ЭВМ при проектных и конструкторских проработках позволяет автоматизировать сложные расчеты, повысить точность и сократить время на их выполнение.

Расчет локомотивной откатки контактными и аккумуляторными электровозами разработан институтом Центрогипрошахт и представлен в виде пакета прикладных программ, состоящих из отдельных программных модулей с единой информационной базой на алгоритмическом языке ПЛ/1 с использованием ЭВМ серии ЕС. Пакет прикладных программ позволяет для условий обслуживания локомотивной откаткой нескольких подготовительных забоев с различными маршрутами движения, профилем пути и различным коэффициентом сцепления колес локомотива с рельсами определять число вагонеток в составе, потребное число рабочих и инвентарных электровозов, скорость движения груженого и порожнего составов, время рейса, сменную производительность каждого локомотивосостава и расход электроэнергии за один рейс или за смену. Время выполнения расчетов в зависимости от количества маршрутов составляет 5—10 мин.

Выбор типов и расчет параметров ленточных конвейеров можно производить по методике имитационного моделирования и программе «Конвейерный транспорт», разработанной ИГД им. А. А. Скочинского. Программа составлена на алгоритмическом языке ФОРТРАН для ЭВМ серии ЕС и состоит из подпрограмм, имитирующих процесс поступления грузопотоков из под-

готовительных и очистных забоев. Программа позволяет определять нагрузки на транспортные конвейерные линии, вместимости осредняющих или аккумулирующих бункеров, размещаемых, например, вблизи сопряжения проводимой и оборудованной конвейерами существующих горных выработок или между отдельными конвейерами, установленными в линию.

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

Пакет прикладных программ для расчета локомотивного и конвейерного транспорта хранится в Отраслевом фонде алгоритмов и программ (ОФАП) ГВЦ Минуглепрома СССР.

Для расчета параметров и пропускной способности одноконцевой грузовой и пассажирской канатной откатки разработана программа на алгоритмическом языке ПЛ/1, с помощью которой по заданным производительности, длине откатки и углу наклона выработки можно определить диаметр тягового каната и его параметры, тип подъемной машины и мощность привода.

Институтом Центрогипрошахт внедрена система автоматизированного расчета подземного транспорта при проектировании новых угольных шахт, реконструкции и подготовке новых горизонтов действующих шахт. Алгоритмы расчета построены по принципу диалога ЭВМ — человек, когда вычислительная машина выполняет все расчеты, а принятие решения на ту или иную подпрограмму осуществляет проектировщик. В результате решения определяют параметры схем транспорта породы и угля и средств вспомогательного транспорта, вид основного транспорта (конвейерного или локомотивного) и его типоразмеры. Критерием оптимальности выбранного оборудования является минимум приведенных затрат.

### **3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ПРОВЕДЕНИЯ ВЫРАБОТОК И ТРАНСПОРТНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ПРОХОДЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ**

#### **3.1. Основные принципы построения технологических схем проведения горных выработок**

Для увеличения темпов проведения горных выработок с обеспечением высоких технико-экономических показателей разработаны технологические схемы проведения выработок при строительстве угольных и рудных шахт, тоннелей различного назначения.

Технологическая схема проведения горных выработок включает в себя графическое изображение параметров выработки и ее

крепи, схему расстановки (совокупности) применяемых проходческих машин и механизмов, выполняющих в определенной последовательности основные и вспомогательные проходческие процессы, продолжительность их выполнения, расчетные технико-экономические показатели.

К основным процессам, выполняемым при проведении выработок, относятся отделение горной массы от массива, погрузка и транспортирование горной массы и крепление выработки, к вспомогательным — доставка людей, оборудования и различных материалов, вентиляция, водоотлив, энергоснабжение, сооружение транспортных и других коммуникаций.

В зависимости от характера взаимосвязи выполняемых процессов различают две основные технологические схемы организации проходческих работ: *непрерывную (поточную)*, при которой имеют место полное совмещение во времени всех основных процессов и непрерывное отделение и транспортирование горной массы; *прерывную (циклическую)*, при которой основные процессы осуществляются в определенной последовательности. К поточной технологической схеме можно отнести проведение выработок проходческими комбайнами с использованием средств непрерывного транспорта горной массы, возведение крепи и выполнение других процессов одновременно с работой комбайна. К циклической технологической схеме относят проведение выработок с разрушением горного массива буровзрывным способом, а также комбайнами с остановкой последних при возведении крепи.

В основу разработанных технологических схем для проведения выработок на угольных и рудных шахтах заложена максимально возможная механизация на базе эффективного использования проходческого оборудования, а также унификация транспортного оборудования, используемого при проходке и очистной выемке.

Выбор технологических схем и проходческого оборудования производят в зависимости от горно-геологических, производственно-технических и социально-экономических факторов.

*Горно-геологические факторы* включают в себя крепость пород, мощность пласта, угол наклона выработки, устойчивость боковых пород, газоносность, обводненность выработки и др. На выбор погрузочного и транспортного оборудования наибольшее влияние оказывают крепость пород, угол наклона проводимой выработки и мощность пласта.

Для выбора проходческого оборудования и способа проведения выработки решающее значение имеет крепость вмещающих пород. В угольных шахтах при проведении выработок по смешанным углепородным или породным забоям с коэффициентом крепости пород  $f_k \leq 6$  используют проходческие комбайны избирательного действия и средства непрерывного, рельсового или самоходного транспорта. При проведении выработок по породам с  $f_k \geq 6$  применяют в основном буровзрывной способ отделения горной массы от массива с использованием для погрузки и транс-

портирования погрузочных или погрузочно-транспортных машин, рельсового транспорта, самоходных транспортных машин.

Угол наклона проводимой выработки оказывает большое значение на выбор способа и средств погрузки, транспорта породы и доставки в забой вспомогательных грузов. Так, например, погрузочные машины на колесно-рельсовом механизме перемещения могут применяться без предохранительных устройств только в выработках с углами наклона до  $3^\circ$ , на гусеничном — до  $6^\circ$ . В выработках с углами наклона свыше  $6^\circ$  необходимо оборудование погрузочных машин специальными предохранительными устройствами для удержания их на уклоне.

Электровозную откатку можно использовать только при максимальных углах наклона выработки до  $3^\circ$ , ленточные конвейеры с гладкой лентой — до  $18^\circ$ , скребковые конвейеры — до  $35^\circ$ , самоходные транспортные установки на пневмоколесном механизме перемещения — до  $15^\circ$ , концевую канатную откатку в вагонетках — до  $25-30^\circ$ .

Мощность пласта оказывает существенное влияние на выбор транспортных средств при проведении выработок в угольных шахтах. В зависимости от мощности пласта выработки проходят с полностью угольным забоем, углепородным или полностью породным забоем. При проведении выработок по углепородному забою возможны три варианта выемки и транспорта угля и породы на поверхность шахты: совместная выемка и транспорт всей горной массы в отвал; совместная выемка всей горной массы из подготовительного забоя и транспорт вместе с углем из очистных забоев; раздельная выемка угля и породы при совместном транспортировании угля из подготовительного забоя и угля из очистного забоя и транспорт породы в отвал.

Рациональность использования различных вариантов выемки и транспорта горной массы при проведении выработок смешанным углепородным забоем определяют коэффициентом подрывки пород  $k_p$ , т. е. отношением площади породного забоя к площади всего забоя. Исследованиями ИГД им. А. А. Скочинского установлено, что при  $k_p < 0,8$  наиболее рациональна схема проведения выработок с совместной выемкой угля и породы, при  $k_p > 0,8$  — с раздельной выемкой. При мощности пласта до  $0,7$  м рекомендуется только совместная выемка.

*Производственно-технические факторы* — протяженность выработки, размер ее поперечного сечения и форма сечения, скорость проведения — оказывают влияние на выбор оборудования и вариантов организации работ, технико-экономические показатели.

Протяженность выработки определяет как выбор в определенных горно-геологических условиях способа проходки, так и выбор вида проходческого оборудования. Например, на угольных шахтах в породах, по которым возможно применение проходческих комбайнов, при определенной небольшой длине выработок целесообразнее использовать буровзрывной способ проходки, ко-

торый в этих условиях окажется гораздо дешевле по сравнению с комбайновым способом.

От длины проводимой выработки зависит выбор вида и типа транспортного оборудования. С увеличением длины выработки и расстояния транспортирования горной массы падает производительность транспортных установок периодического действия. При использовании транспортных установок непрерывного действия с увеличением длины выработки увеличивается число конвейеров в транспортной линии, в результате чего увеличивается количество перегрузочных пунктов и снижается надежность.

Размеры поперечного сечения выработки оказывают существенное влияние на выбор способа проведения выработки и средств транспорта. Площадь сечения выработки и ее форма определяются главным образом назначением выработки, требованиями вентиляции, величиной горного давления и габаритами транспортных установок при строгом соблюдении необходимых зазоров в соответствии с требованиями правил безопасности. С увеличением поперечного сечения проводимой выработки необходимо использование более производительного погрузочного и транспортного оборудования. Так, например, в угольных шахтах при проведении выработок площадью сечения свыше  $18 \text{ м}^2$  в подготовительном забое применяют две одновременно работающие ковшовые погрузочные машины. При проведении тоннелей площадью сечения  $40\text{—}80 \text{ м}^2$  для погрузки породы используют ковшовые погрузчики на пневмоколесном механизме перемещения или экскаваторы, а для ее транспортирования из забоя — автосамосвалы. Схема производства работ при проведении тоннелей большого сечения (сплошным или уступным забоем) также существенно влияет на выбор вида и типа погрузочного и транспортного оборудования.

Скорость проведения выработки зависит от многих факторов, основными из которых являются оптимальный выбор проходческого оборудования с высоким коэффициентом использования во времени и прогрессивные формы организации работ. Увеличение скорости проведения выработок приводит к улучшению технико-экономических показателей проходческих работ, что, однако, требует более интенсивного выполнения всех операций и их большего совмещения, а следовательно, влечет за собой увеличение количества оборудования и обслуживающего персонала. В свою очередь, возможность размещения большего количества оборудования и необходимого количества обслуживающего персонала целесообразна до тех пор, пока это не повлечет за собой снижение производительности труда, а следовательно, и ухудшение технико-экономических показателей. Следовательно, увеличение скорости проходки имеет свои разумные пределы и ее оптимальное значение определяется расчетным путем в каждом конкретном случае.

*Социально-экономические факторы, оказывающие влияние на выбор технологических схем и скорость проведения выработок,*

включают в себя систему организации и оплаты труда, уровень квалификации и возрастной состав рабочих, а также социалистическое соревнование и распространение передового опыта.

Наиболее прогрессивной формой организации труда является бригадная, при которой достигается наивысшая производительность. Каждый рабочий звена, входящего в проходческую бригаду, кроме основной профессии проходчика должен владеть смежными профессиями, например машиниста погрузочной машины, машиниста электровоза и др.

### 3.2. Транспортное оборудование проходческих комплексов

Наибольшая производительность достигается при использовании рационального набора оборудования, обеспечивающего выполнение основных и вспомогательных проходческих процессов — проходческих комплексов. *Проходческим комплексом* называют технологически взаимоувязанный набор проходческого оборудования, обеспечивающего механизацию процессов разрушения породы, ее погрузки и транспортирования, крепление выработки, доставку в забой материалов и механизацию других вспомогательных процессов. Набор оборудования, обеспечивающий взаимное согласование его параметров, заданную производительность и полную механизацию погрузочно-разгрузочных работ, характеризует *комплектность* проходческого комплекса.

В практике строительства подземных сооружений и шахт в зависимости от крепости пород и других горно-геологических факторов находят применение различные проходческие комплексы для проведения выработок комбайновым, буровзрывным и щитовым способами.

Средства транспорта, входящие в проходческие комплексы, должны обеспечивать необходимую производительность проходческого комбайна или погрузочной машины, заданную скорость проведения выработки, высокие технико-экономические показатели, а также соответствовать габаритам поперечного сечения выработки.

Наиболее экономически целесообразными при строительстве шахт являются такие транспортные средства, которые после проведения выработки можно использовать в дальнейшем на весь технологический срок службы выработки при эксплуатации шахты и добыче полезных ископаемых.

При строительстве новых горизонтов и горно-подготовительных работах основным критерием выбора средств призабойного транспорта проходческих комплексов является наиболее целесообразное его сочетание с участковым транспортом и максимально возможная унификация транспортного оборудования при проведении выработок и последующей очистной выемке.

Наиболее распространенные в практике строительства наборы транспортного оборудования для перемещения горной массы и вспомогательных грузов в призабойной зоне и по проводимой вы-



Таблица 3.1

Способ проведения выработки	Угол наклона, градус	Средства погрузки и транспорта породы	Вид транспорта вспомогательных грузов в забой
Комбайновый	0—18	Перегрузатель, скребковый и ленточный конвейеры	Монорельсовые подвесные дороги или напочвенный
	0—18	Перегрузатель и телескопический ленточный конвейер	Напочвенный рельсовый
	0—3	Перегрузатель и вагонетки локомотивной откатки	
	0—25	Перегрузатель и вагонетки канатной откатки	Канатная откатка
	0—15	Бункер-перегрузатель и самоходные вагоны	Самоходный
Буровзрывной	0—3	Ковшовая погрузочная машина на колесно-рельсовом механизме перемещения. Загрузка одиночных вагонеток или групповая с помощью перегружателя. Локомотивная откатка породы в вагонетках или бункер-вагонах	Напочвенный рельсовый
	0—10	Погрузочная машина с нагребными лапами или ковшовая с боковой разгрузкой ковша на гусеничном механизме перемещения. Локомотивная откатка в вагонетках или бункер-вагонах, конвейерный транспорт	Напочвенный рельсовый или монорельсовые подвесные дороги
	0—25	Погрузочные машины с предохранительным устройством. Концевая канатная откатка в вагонетках или скипах	Канатная откатка
	0—15	Погрузочная машина с нагребными лапами, ковшовый погрузчик или экскаватор. Автосамосвал, думпер	Автомобильный
	0—15	Погрузочно-транспортная машина	Самоходный
	0—3	Ленточный перегружатель и локомотивный транспорт	Напочвенный рельсовый
Щитовой	0—3	Ленточный перегружатель и локомотивный транспорт	Напочвенный рельсовый

работке при комбайновом, буровзрывном и щитовом способах проведения выработок приведены в табл. 3.1.

При проведении выработок комбайнами наиболее целесообразно использовать конвейерный транспорт, обеспечивающий непрерывное перемещение горной массы из забоя. Доставка в забой материалов и оборудования при комбайновом способе проходки возможна напочвенным рельсовым транспортом, подвесными монорельсовыми дорогами или самоходными вагонами на пневмоколесном механизме перемещения.

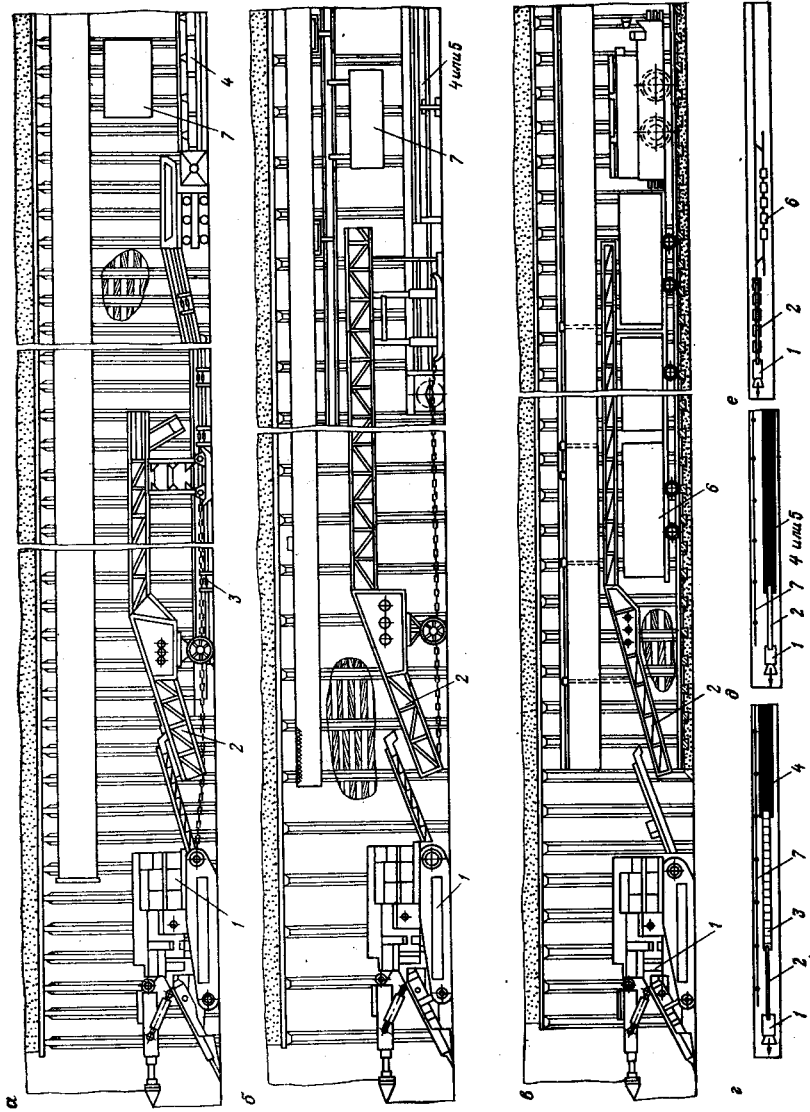


Рис. 3.1. Технологические схемы комбайнового проведения выработок с доставкой горной массы из забоя конвейерным (а и б) и рельсовым (в) транспортом и их условные обозначения (соответственно г, д и е): 1 — комбайн; 2 — перегружатель ленточный; 3 — скребковый конвейер; 4 — скребковый конвейер; 5 — ленточный конвейер; 6 — монорельсовая дорога; 7 — вагонетки; 8 — монорельсовая дорога

Для транспортирования горной массы от проходческого комбайна применяют прицепные ленточные перегружатели, скребковые, ленточные обычной конструкции и ленточные телескопические конвейеры.

Скребковый конвейер постепенно наращивают вслед за подвиганием забоя. По мере увеличения протяженности проводимой выработки за скребковыми конвейерами устанавливают ленточный конвейер (рис. 3.1, а). Если в проводимой выработке в угольной шахте предусмотрен конвейерный транспорт угля из забоя, то для сокращения затрат на переоборудование по возможности следует применять такие типы ленточных конвейеров, которые в дальнейшем необходимы при эксплуатации очистных забоев. Прицепной перегружатель обеспечивает проведение выработки равномерно в течение смены без наращивания конвейера.

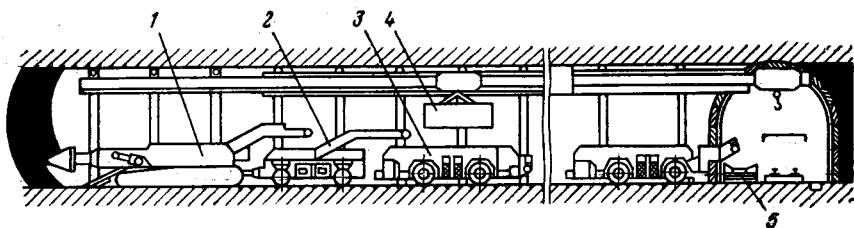
Наиболее перспективным является использование устанавливаемых после перегружателя телескопических ленточных конвейеров (рис. 3.1, б), обеспечивающих транспортирование горной массы от комбайна без дополнительного наращивания и стыковки конвейерной ленты.

При отсутствии конвейерного транспорта или проведении выработок комбайном в угольных шахтах смешанным забоем с раздельной выемкой или в том случае, когда подача горной массы в поток угля из очистных забоев не допускается, обычно используют рельсовый транспорт (рис. 3.1, в). Для увеличения коэффициента использования комбайна во времени необходимо применять прицепной ленточный перегружатель, позволяющий загрузку партии вагонеток без остановки работы комбайна.

При комбайновом способе проведения выработок возможно использование самоходного транспорта. Проходческий комплекс состоит из комбайна, бункера-перегружателя с донным скребковым конвейером и самоходного вагона на пневмошинном механизме перемещения (рис. 3.2). Горная масса от комбайна поступает в бункер-перегружатель и аккумулируется в нем на период движения вагона к месту разгрузки и обратно. Подачу вспомогательных грузов в забой осуществляют самоходным вагоном или монорельсовой дорогой.

При буровзрывном способе проведения выработок погрузку взорванной горной массы производят погрузочными машинами непрерывного действия с рабочим органом типа нагребавших лап (рис. 3.3, а, в), погрузочными машинами периодического или циклического действия с ковшовым рабочим органом (рис. 3.3, б) с задней и боковой разгрузкой ковша, скреперными установками, а также погрузочно-транспортными машинами, обеспечивающими захват горной массы и ее транспортирование.

Выбор типа погрузочной машины зависит от ее габаритов, производительности, крепости пород. Если крепость пород не является лимитирующим фактором, то предпочтительно использование погрузочных машин с нагребавшими лапами, как наиболее производительных и обеспечивающих лучшие условия рабо-

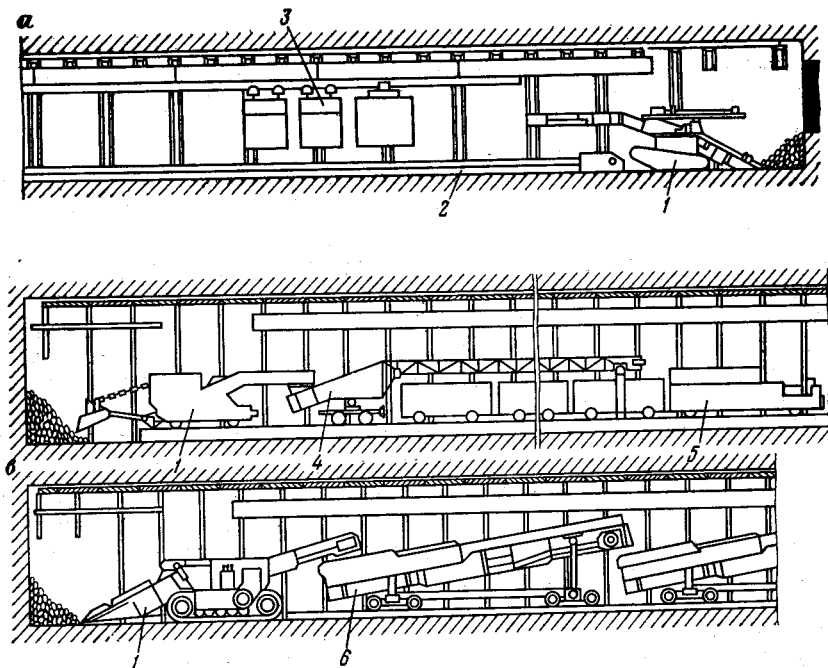


**Рис. 3.2.** Технологическая схема комбайнового проведения выработок с использованием самоходного транспорта:

1 — комбайн; 2 — бункер-перегрузатель; 3 — самоходный вагон; 4 — монорельсовая дорога; 5 — ленточный конвейер

ты машиниста, а также возможность размещения на машине несъемного бурильного оборудования. Широкое применение погрузочных машин непрерывного действия с нагребающими лапами является в настоящее время основным направлением механизации погрузки горной массы.

В тех условиях, где невозможно использовать погрузочные машины, рекомендуется применять скреперные погрузчики.



**Рис. 3.3.** Комплексы проходческого оборудования с погрузочной машиной с нагребающими лапами (а и в) и ковшовой погрузочной машиной (б):

1 — погрузочная машина; 2 — скрепковый конвейер; 3 — монорельсовая дорога; 4 — ленточный перегружатель; 5 — локомотив; 6 — бункер-вагоны с донным скрепковым конвейером

Для транспортирования взорванной горной массы в различных горно-геологических и горнотехнических условиях используют в проходческих комплексах следующие виды транспорта: рельсовый (локомотивная откатка по проводимым выработкам с углами наклона до  $3^\circ$  и канатная откатка в вагонетках или скипах по наклонным выработкам); погрузочно-транспортные машины при расстояниях доставки до 300—400 м; самоходные вагоны; автосамосвалы при соответствующем большом сечении выработок; при некрепких породах конвейерный транспорт в сочетании с погрузочными машинами непрерывного действия или погрузочными машинами с боковой разгрузкой ковша.

Локомотивный транспорт и канатную откатку применяют во всех проводимых выработках, по которым в процессе эксплуатации шахты предусмотрены эти виды транспорта.

В зависимости от числа рельсовых путей, сечения проводимой выработки и вида используемого проходческого оборудования применяют одиночную и групповую загрузку и обмен вагонеток. При обмене одиночных вагонеток используют различные конструкции стрелочных переводов, накладных плит и разминок, накладно-вкладных съездов, поперечных перекатных платформ. Недостатки одиночного обмена вагонеток — простой погрузочной машины при обмене вагонеток, дополнительные затраты труда на их перемещение до средств разминки, переноска и монтаж обменных устройств. Групповую загрузку осуществляют с помощью перегружателей (см. рис. 3.3, б), обеспечивающих повышение коэффициента использования погрузочных машин в 2—2,5 раза.

Применение проходческих бункер-вагонов с донным конвейером, образующих бункерный поезд (см. рис. 3.3, в), обеспечивает также высокий коэффициент использования погрузочных машин и, кроме того, механизированную разгрузку без дополнительных разгрузочных устройств.

При строительстве рудных шахт широко применяют погрузочно-транспортные машины (рис. 3.4), автосамосвалы (рис. 3.5) и другое самоходное транспортное оборудование, которое после окончания строительства используют при очистной выемке руды.

При проведении железнодорожных и гидротехнических тоннелей в крепких породах для доставки горной массы из забоя применяют рельсовый локомотивный транспорт в вагонетках или

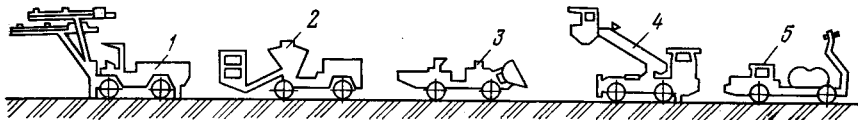


Рис. 3.4. Набор проходческого самоходного оборудования с использованием для доставки горной массы погрузочно-транспортной машины:

1 — буровая самоходная установка; 2 — зарядно-доставочная машина; 3 — погрузочно-транспортная машина; 4 — машина для осмотра, обorkи и крепления кровли; 5 — машины для крепления набрызгбетоном

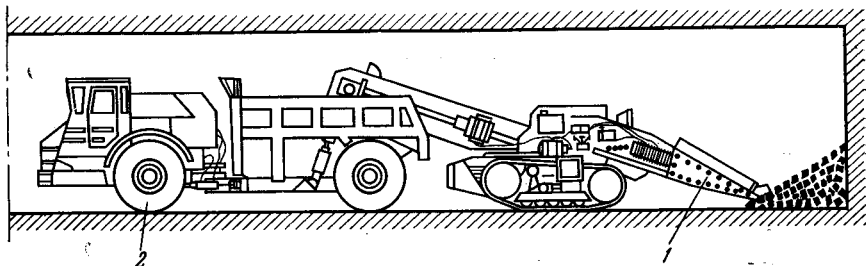


Рис. 3.5. Комплекс оборудования, применяемый при строительстве рудных шахт и проведении тоннелей большого сечения:

1 — погрузочная машина с нагребающими лапами; 2 — подземный автосамосвал

проходческих бункер-вагонах, автосамосвалы (см. рис. 3.5). Погрузку горной массы производят погрузочными машинами с нагребающими лапами, экскаваторами, ковшовыми погрузчиками.

Тоннели метрополитена и коллекторные тоннели проводят в породах крепостью  $f_k < 3$  щитовыми комплексами, включающими в себя рельсовый транспорт и ленточные перегружатели (рис. 3.6).

В угольных гидрошахтах горную массу, отделяемую от массива проходческими комбайнами, буровзрывным способом и струями гидромонитора, транспортируют по проводимой выработке по наклонным желобам самотечным гидротранспортом до пульпосборника, откуда пульпу подают на поверхность напорным гидротранспортом. Для доставки в подготовительный забой гидрощахт материалов широко используют подвесные монорельсовые дороги и напольный рельсовый транспорт.

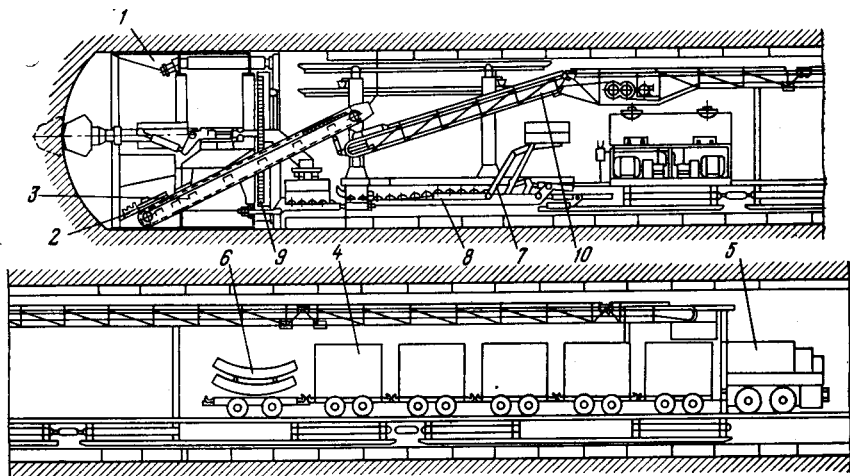


Рис. 3.6. Проходческий механизированный щитовой комплекс:

1 — щит; 2 — погрузочный орган (парные нагребающие лапы); 3 — погрузочный конвейер; 4 — вагонетки; 5 — аккумуляторный электровоз; 6 — блоковозка; 7 — крепесьемщик; 8 — рольганг для перемещения блоков; 9 — крепеукладчик; 10 — ленточный перегружатель

### 3.3. Техничко-экономическое обоснование проведения выработок проходческими комплексами

В зависимости от горнотехнических и других факторов рациональный набор проходческого оборудования устанавливается технико-экономическим обоснованием.

Основным критерием оценки технико-экономической эффективности проведения горных выработок проходческими комплексами являются приведенные затраты, отнесенные к 1 м (1 м<sup>3</sup>). выработки, дополнительным критерием — трудоемкость работ в чел.-ч/м (м<sup>3</sup>).

Удельные приведенные затраты, руб/м (руб/м<sup>3</sup>)

$$\Pi = C + E_n K \rightarrow \min,$$

где  $C$  — полная себестоимость проходческих работ, отнесенных к 1 м (м<sup>3</sup>) выработки, руб/м (руб/м<sup>3</sup>);  $E_n=0,15$  — нормативный коэффициент капиталовложений;  $K$  — удельные капитальные затраты на приобретение оборудования комплекса, руб/м (руб/м<sup>3</sup>).

Полная себестоимость проходческих работ состоит из прямых нормируемых затрат на заработную плату, материалы, энергию, амортизацию, монтажно-демонтажные работы, техническое обслуживание и ремонт.

Для строительства шахт в различных горно-геологических и горнотехнических условиях институтами ВНИИОМШС, ИГД им. А. А. Скочинского разработаны экономико-математические модели, по которым с помощью ЭВМ можно определить рациональный набор оборудования проходческого комплекса, скорость проведения выработки, полную себестоимость проходческих работ и капиталовложения.

Минимальные приведенные затраты на проходческие работы в конкретных горнотехнических условиях достигаются при определенных оптимальных скоростях проведения горных выработок, соответствующих определенной степени интенсификации и концентрации проходческих работ. Исследованиями ИГД им. А. А. Скочинского установлено, что увеличение скорости проходки выше оптимальной в связи с ростом трудоемкости приводит к увеличению приведенных затрат. Приведенные затраты и значения оптимальных скоростей проходки в угольных шахтах зависят от способа ведения проходческих работ, а также от коэффициента подрывки горных пород при проходке смешанным забоем. Затраты на проведение выработок увеличиваются с уменьшением коэффициента подрывки пород.

Годовой экономический эффект (руб.) от применения в конкретных горнотехнических условиях нового или проектируемого проходческого комплекса по сравнению с используемым базовым комплексом

$$\mathcal{E}_r = [(C_1 - C_2) - E_n (K_1 - K_2)] L_r,$$

где  $C_1$  и  $C_2$  — себестоимость затрат на проведение выработки соответственно по базовому и новому вариантам комплексов,

руб/м;  $K_1$  и  $K_2$  — удельные капитальные затраты соответственно по базовому и новому комплексам, руб/м;  $L_r$  — протяженность проведения выработок за год, м.

### 3.4. Выбор оптимальных схем подземного транспорта с применением ЭВМ при проведении горных выработок на строящихся шахтах

В условиях строящейся шахты, особенно во втором периоде строительства, меняются со временем число проведенных и проводимых выработок и количество транспортируемого груза, т. е. меняется грузопоток. Поэтому выбор оптимальных схем подземного транспорта породы и материалов является сложной задачей, особенно при строительстве крупных шахт с большим количеством проводимых выработок.

Институтом ВНИИОМШС разработана методика выбора оптимальных схем транспорта с применением ЭВМ (рис. 3.7). Эта динамическая транспортная задача решается методом разделе-

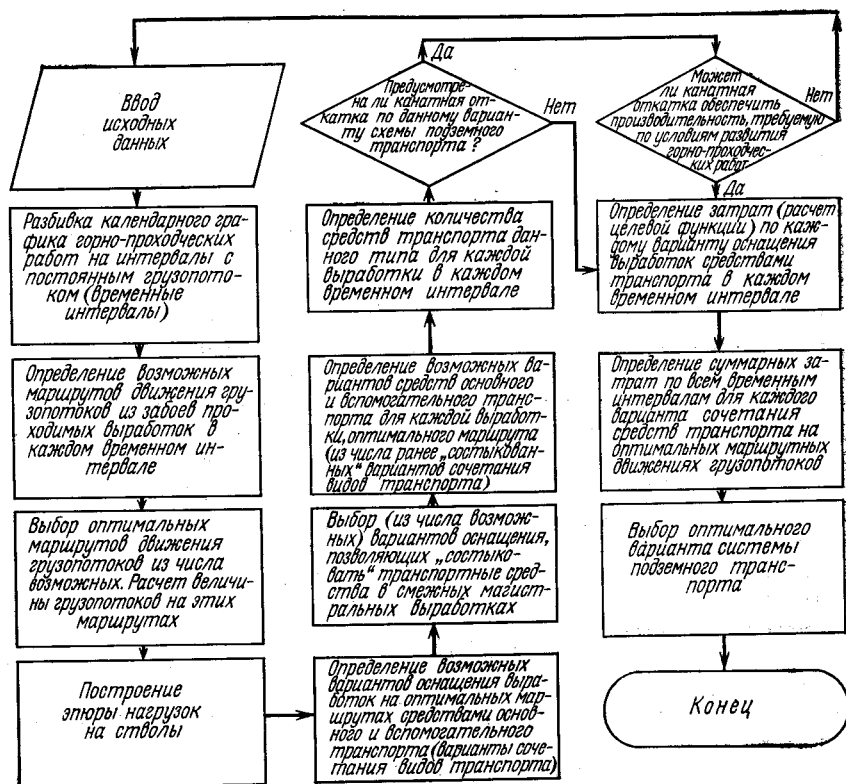


Рис. 3.7. Принципиальная схема алгоритма автоматизированного расчета на ЭВМ оптимального варианта системы подземного транспорта



ния на ряд статических задач (временных интервалов) с постоянными величинами в интервале. За временной интервал принят промежуток времени, в течение которого сохраняются постоянными перечень выработок, находящихся в стадии проведения, маршруты движения и величины грузопотоков.

Решение этой транспортной задачи складывается из этапа выбора оптимального пути движения груза от каждой проводимой выработки данного интервала до ствола и этапа оснастки выбранного оптимального пути транспортирования экономически целесообразным видом и типом транспортных машин для каждой выработки данного интервала.

Выбор оптимального пути движения грузов решается методом кратчайших расстояний (дерева кратчайших расстояний), позволяющим на каждом интервале определить самый короткий путь движения от проводимой выработки до ствола, а оснастка транспортным оборудованием этого пути — с помощью теории графов, обеспечивающей возможность определить вид и тип транспортных машин и затраты на транспорт. Для решения этой транспортной задачи на ЭВМ входными параметрами являются: топология горных выработок и календарный график их проведения, сечение, протяженность и угол наклона выработок, количество и пропускная способность стволов, а выходными — график работы, потребность в типе транспорта по месяцам проведения выработки, затраты на транспорт.

Суммируя все оптимальные пути от ствола до наиболее удаленной выработки и стоимость каждого варианта оснащения транспортными машинами, определяют оптимальную схему транспорта, критериями оценки которой является минимум приведенных затрат.

#### **4. ОСНОВНЫЕ ВОПРОСЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН**

##### **4.1. Условия эксплуатации транспортных машин**

Транспортные машины проходческих комплексов, используемые при строительстве подземных сооружений и шахт, эксплуатируются в весьма тяжелых условиях, которые определяются главным образом горно-геологическими и горно-техническими факторами и способом проведения выработок. К этим специфическим условиям работы транспорта при проведении выработок относятся: постоянное перемещение или перемонтаж транспортных машин и удлинение транспортных коммуникаций вслед за забоем проводимой выработки, а также перемещение оборудования из забоя при ведении взрывных работ; стесненность рабочего пространства размерами проводимой выработки; большая разветвленность, сложность профиля и криволинейность трассы транспортирования; перегрузка горной массы с одного вида транспорта на другой; неравномерность работы транспортных установок при буровзрывном проходческом цикле; кусковатость и высокая абразив-

ность транспортируемой горной массы из подготовительного забоя; необходимость работы транспортной машины в наклонном положении при проведении наклонных выработок; возможность возникновения внезапных перегрузок; запыленность среды и химическая активность шахтных вод; взрывоопасность рудничной атмосферы. С увеличением глубины разработки в проводимых выработках повышаются горное давление и температура воздуха.

В соответствии с этими условиями к конструкциям транспортных машин и их эксплуатации предъявляют следующие основные требования: возможность быстрого перемещения; приспособленность к частому перемонтажу; обеспечение быстрого удлинения отдельных транспортных машин, например конвейеров; соответствие габаритов транспортных машин размерам поперечного сечения проводимых выработок; минимальное число видов транспорта, используемых при строительстве одной шахты; обеспечение высокой производительности и экономичности; повышенная прочность и износостойкость; высокое качество и надежность; приспособленность к дистанционному и автоматизированному управлению; безопасность в работе.

Соблюдение вышеуказанных требований к транспортным машинам, входящим в проходческие комплексы, в сочетании с четкой организацией их эксплуатации обеспечит высокие скорости проведения выработок с минимальными затратами.

#### **4.2. Организация транспорта при скоростном проведении горных выработок**

Важным условием улучшения технико-экономических показателей строительства подземных сооружений и шахт является повышение темпов проведения горных выработок, что возможно только при комплексной механизации основных и вспомогательных проходческих процессов и скоростном проведении, позволяющем повысить производительность труда и снизить себестоимость 1 м проводимой выработки.

Основным фактором повышения скорости проведения выработок является рациональная и четкая организация эксплуатации транспортных машин, используемых для своевременного перемещения из забоя горной массы и доставки в забой необходимого количества вспомогательных материалов.

Практика скоростного проведения горных выработок при строительстве угольных и рудных шахт позволяет сформулировать основные направления рациональной организации работы транспорта в забоях проводимых выработок:

максимальное совмещение процесса транспортирования с выполнением других проходческих операций;

непрерывная погрузка горной массы в течение длительного времени, что обеспечивается использованием транспортных машин непрерывного действия (ленточных перегружателей и телескопических ленточных конвейеров) в сочетании с проходческими ком-

байнами или погрузочными машинами непрерывного действия; организация многозабойной работы, при которой одновременно выполняют в нескольких забоях бурение, уборку породы, другие подготовительные операции. Такую организацию широко используют при строительстве и реконструкции рудных шахт с применением самоходных погрузочно-транспортных и транспортных машин, которые обеспечивают свободное маневрирование между забоями и позволяют повысить производительность труда в 1,5—2 раза по сравнению с переносным оборудованием в тех же горно-геологических условиях, повысить коэффициент использования машин во времени до 0,8—0,9 и снизить стоимость проведения 1 м выработки на 20—30 %;

сокращение продолжительности операций по обмену вагонеток рельсового транспорта с помощью ленточных перегружателей, а при загрузке одиночных вагонеток — максимальное приближение к забою разминочных устройств;

доставка с поверхности в забой крепежных материалов и других вспомогательных грузов в контейнерах и пакетах и обеспечение механизации погрузочно-разгрузочных и монтажных работ;

создание резерва запасных частей, инструментов и регулярное проведение планового обслуживания и ремонта транспортных машин;

организация бригадного подряда, поддержание на высоком уровне производственной и технологической дисциплины, совмещение профессий;

полная автоматизация всех производственных процессов, использование робототехники, ЭВМ и микропроцессоров в управлении и выборе режимов работы транспортных машин.

При использовании различного транспортного оборудования в определенных горно-геологических и горнотехнических условиях возможно различное сочетание форм и методов организации транспортирования горной массы и вспомогательных грузов, обеспечивающих скоростное проведение горных выработок.

#### **4.3. Автоматизация процессов погрузки и транспортирования**

Автоматизация производственных процессов при строительстве подземных сооружений и шахт обеспечивает резкое повышение эффективности проходческих работ, уменьшает число обслуживающего персонала, создает комфортные условия их труда.

В настоящее время в проходческих комплексах осуществлена частичная или в отдельных случаях комплексная автоматизация процессов погрузки и транспортирования и ведутся работы по внедрению полной автоматизации.

Частичная автоматизация обеспечивает автоматическое управление отдельными машинами или механизмами, не имеющими связей и блокировки со всеми машинами, участвующими в процессах погрузки и транспортирования.

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

Полная автоматизация обеспечивает без непосредственного участия человека выполнение всех функций по управлению машинами, а роль человека сводится к контролю за работой приборов автоматизации. Полная автоматизация возможна только при механизации всех основных процессов погрузочно-разгрузочных и транспортных работ по доставке вспомогательных грузов в забой.

В наибольшей степени комплексная автоматизация достигнута на конвейерном транспорте и включает в себя автоматизированное дистанционное управление отдельными конвейерами и конвейерными линиями, автоматический контроль и регулирование режимов работы конвейеров, автоматическое отключение привода при выходе из строя отдельных элементов конвейера и другие функции.

На самоходном транспорте внедрено дистанционное управление в пределах видимости погрузочными и погрузочно-транспортными машинами. Дистанционное управление осуществляется по кабелю, радио или с помощью инфракрасных лучей оператором, находящимся в безопасном месте с хорошим обзором. Внедрение дистанционного управления значительно снижает шум, запыленность воздуха и исключает воздействие вибрации машины на человека.

Автоматизация управления движением локомотивов осуществляется с помощью системы автоматической сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ) и диспетчерской связи с машинистами локомотивов. Широко используется дистанционное управление стрелками с движущегося локомотива или диспетчером, автоматический контроль за производительностью откатки. Начато внедрение автоматизированного вождения поездов по заданному маршруту без машиниста локомотива с использованием ЭВМ, промышленного телевидения и микропроцессорной техники.

При строительстве шахт применяются автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУТП), которые обеспечивают сбор, обработку и выдачу информации о состоянии и местонахождении транспортных машин, выбор оптимального маршрута движения и других данных.

Для достижения полной автоматизации транспортных машин необходимы скорейшая разработка и внедрение робототехнических систем, автоматических манипуляторов на погрузке горной массы, микропроцессорной техники, обеспечивающей автоматическое управление режимами работы проходческих комплексов, что позволит вывести людей из забоя проводимой горной выработки.

#### 4.4. Обслуживание и ремонт транспортных машин

Безаварийная и надежная работа проходческих комплексов и входящих в них транспортных машин в большой степени зависит от научно обоснованной организации их обслуживания и ремонта с минимальными затратами труда.

При обслуживании горнопроходческой техники наиболее эффективна система *планово-предупредительных ремонтов* (ППР), включающая в себя совокупность организационных и технических мероприятий по эксплуатации, уходу и ремонту оборудования, базирующаяся на принципе сохранения заложенной в конструкцию надежности и направленная на предупреждение преждевременного износа деталей, узлов и механизмов и выхода оборудования из строя. Система ППР направлена на поддержание оборудования в рабочем состоянии, предупреждение аварий и непредвиденных остановок, сокращение времени обслуживания.

Для проведения системы ППР транспортных машин применяют метод периодических ремонтов, по которому ремонт производят по выполненному машиной объему работ, например перевозимому объему горной массы (т или м<sup>3</sup>), пробегу (км или т·км) или после наработки определенного числа часов.

Система планово-предупредительных ремонтов транспортных машин состоит из технического межремонтного обслуживания, текущего и капитального ремонтов.

Техническое обслуживание включает в себя ежесменное (О), ежедневное обслуживание (ЕО) и периодические технические осмотры (ТО), проводимые через определенные интервалы времени. Причем в каждый вид технического обслуживания включены работы предыдущих видов. Состав работ по видам технического обслуживания транспортных машин приводится в инструкциях заводов-изготовителей.

Ежесменное техническое обслуживание выполняют перед началом смены или во время перерывов в работе, а ежедневное — рабочую или ремонтную смены.

В ежесменное и ежедневное техническое обслуживание в зависимости от вида транспортной машины и типа двигателя (электрический, пневматический, дизельный) входят наружный осмотр, обтирка, чистка и смазка, проверка состояния масляных и охлаждающих систем, проверка действия тормозных систем и другие операции, перечисленные в инструкции. При ежесменном техническом обслуживании выявленные в процессе приема смены неисправности устраняют и сведения о них заносят в журнал приема и сдачи смен.

Периодичность технических осмотров (ТО) определяется для каждого вида транспортной машины инструкцией по эксплуатации. Кроме работ по ежесменному обслуживанию, выполняют регулировку узлов и агрегатов и устранение их неисправностей, смазку согласно карте, замену изношенных деталей.

Текущий ремонт, выполняемый на рабочем месте или в подземных мастерских, включает в себя все виды технического обслуживания, а также частичную разборку транспортной машины, замену отдельных изношенных деталей, узлов и агрегатов, сборку, регулировку и испытание машины под нагрузкой. При выполнении ремонта широко используют агрегатно-узловой метод, при котором вместо неисправных устанавливают новые или заранее отремонтированные узлы и агрегаты, что позволяет сократить время ремонта и улучшить его качество. Текущий ремонт выполняет специальная ремонтная бригада.

Через несколько текущих ремонтов проводят капитальный ремонт, который в соответствии с ремонтной ведомостью включает в себя полную разборку машины, замену всех изношенных деталей и узлов, сборку и регулировку и другие работы, позволяющие полностью восстановить работоспособность машины. Обычно капитальный ремонт транспортных машин, используемых при строительстве подземных сооружений и шахт, производят на поверхности (в мастерских).

По ремонтным нормативам для каждого вида транспортных машин составляют графики ППР, в которых указывают перечень и последовательность циклически повторяющихся работ по техническим осмотрам и ремонту машин, выполняемых за ремонтный цикл (время между капитальными ремонтами).

Для повышения эффективности использования горнопроходческой техники силами работников заводов-изготовителей совместно с механическими службами по ремонту и эксплуатации проводится фирменное техническое обслуживание (ФТО). Силами работников ФТО обеспечиваются монтаж, наладка и пусковые работы до полного введения транспортных машин в эксплуатацию, оказывается квалифицированная консультация по вопросам эксплуатации, устраняются выявленные недостатки и удовлетворяются рекламации, организуются своевременное снабжение запасными частями, повышение квалификации обслуживающего персонала.

Практика показывает, что ФТО транспортных машин, входящих в проходческие комплексы, позволяет сократить число отказов и время простоев, что способствует повышению темпов проведения горных выработок.

#### **4.5. Безопасная эксплуатация транспортных машин**

В нашей стране исключительное внимание уделяется обеспечению безопасности труда. Особое значение имеют вопросы безопасной эксплуатации при проведении горных выработок проходческими комплексами, в состав которых входит большое количество машин и механизмов различного назначения.

Работающий на строительстве подземных сооружений и шахт персонал, обслуживающий проходческие комплексы и входящие в них транспортные машины, при выполнении своей работы дол-

жен знать и строго выполнять Правила безопасности в угольных и сланцевых шахтах, Единые правила безопасности при разработке рудных, нерудных и россыпных месторождений подземным способом, инструкции по безопасному применению различных транспортных машин, утвержденные Госгортехнадзором, инструкции заводов-изготовителей по эксплуатации машин, систему стандартов по безопасности труда.

Для создания комфортных условий труда при работе на транспортных машинах проводят комплекс оздоровительных мероприятий по снижению содержания вредных примесей в воздухе и запыленности до санитарных норм, по снижению температуры, уменьшению шума и вибраций. Это достигается путем совершенствования конструкций транспортных машин и механизмов.

С целью снижения в рудничной атмосфере токсичных компонентов, содержащихся в отработавших газах дизельных двигателей самоходных транспортных машин, производят газоочистку с помощью специальных нейтрализаторов, установленных на машинах, а также подают в выработки необходимое количество свежего воздуха.

Запыленность воздуха снижают орошением погружаемой горной массы, а также вентиляцией. На некоторых погрузочных и погрузочно-транспортных машинах устанавливают оросители.

Шумогенерирующие агрегаты транспортных машин закрепляют на вибропоглощающих амортизаторах, на пневмодвигателях устанавливают глушители. Сиденья в кабинах самоходных транспортных машин покрывают виброизолирующими материалами и оборудуют поддрессорирующей и демпфирующей системами, что значительно снижает воздействие вибрации на водителя.

При проведении горных выработок на больших глубинах и повышенной температуре воздуха кабины транспортных машин оборудуют установками кондиционирования воздуха.

Согласно правилам, необходимо выбирать скорость перемещения транспортных машин, обеспечивающих их безопасную работу и заданную производительность. Во всех проводимых выработках должны соблюдаться зазоры в соответствии с видом транспортных машин между крепью и наиболее выступающими частями машин со стороны прохода людей и с противоположной стороны.

#### **4.6. Охрана окружающей среды**

Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов представляют собой задачу большой экономической и социальной значимости. Подземные сооружения по сравнению с наземными объектами позволяют сохранить земельные угодья, однако при строительстве подземных сооружений и шахт часть земельных площадей приходится занимать под строительные площадки, отвалы пустой породы, транспортные коммуникации.

Эксплуатация транспортных машин, используемых при строительстве, тесно связана с вопросами охраны окружающей среды. Так, например, на поверхности строящихся подземных сооружений при погрузке породы в транспортные средства и при разгрузке на отвале, а также при формировании отвалов необходимо принимать меры по обеспечению минимальной запыленности воздушной среды.

Отвалы располагают в естественных складках местности и земельных участках, непригодных для сельскохозяйственных работ. Следует выбирать транспортные коммуникации к отвалам по кратчайшему пути с минимальным отчуждением земельных угодий.

На отвалы, отсыпаемые при строительстве угольных шахт, для исключения самовозгорания периодически доставляют инертные негорючие материалы, которыми послойно покрывают поверхность отвалов.

Широко используют различные виды транспорта для закладки выработанного пространства частично оставленной породой, что значительно уменьшает объем породы, выдаваемой на поверхность.

При применении гидротранспорта воду используют многократно по замкнутому циклу. Сбрасываемые шахтные воды проходят обязательную очистку перед сбросом.

Нарушенные земли при строительстве шахт, отвалы породы должны приводиться в состояние, пригодное для использования в народном хозяйстве. Для проведения рекультивационных работ и доставки плодородной земли на нарушенные участки применяют различные виды транспортных машин.

В будущем при комплексной переработке всей горной массы, доставляемой на поверхность, отпадет необходимость в образовании отвалов.

## Раздел 2

### РЕЛЬСОВЫЙ ТРАНСПОРТ

---

#### 5. СТРОЕНИЕ РЕЛЬСОВОГО ПУТИ

##### 5.1. Основные элементы и параметры рельсового пути

Подвижной состав рельсового транспорта (локомотивной и канатной откатки) перемещается по направляющим — рельсам, две нитки которых, уложенные параллельно друг другу, образуют рельсовый путь.

Рельсовые пути в зависимости от назначения и времени нахождения на одном месте разделяют на *временные*, укладываемые после уборки горной массы вслед за продвижением забоя, и



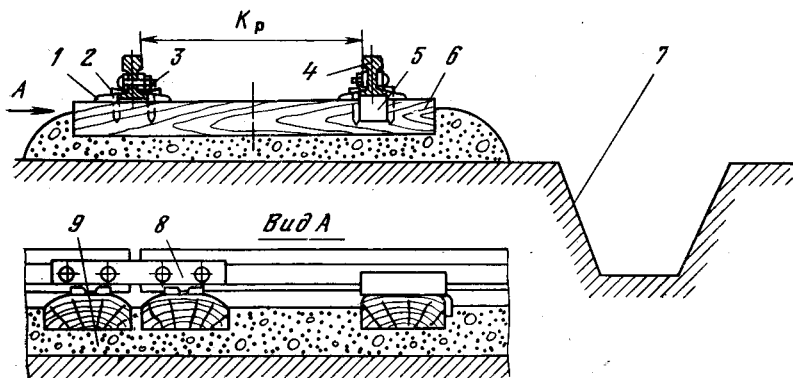


Рис. 5.1. Элементы рельсового пути:

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

постоянные, укладываемые взамен временных на длительный период эксплуатации.

В зависимости от угла наклона проводимой выработки различают горизонтальные рельсовые пути для локомотивной откатки в штреках, квершлагах и наклонные — для канатной откатки при проведении наклонных выработок.

Основным параметром рельсового пути является ширина рельсовой колеи  $K_p$ , определяемая расстоянием между внутренними гранями головок рельсов (рис. 5.1). На угольных шахтах применяют рельсовый путь с шириной колеи 600 и 900 мм, на рудных шахтах — 600, 750 и 900 мм.

Расстояние между наружными канатами реборд колес подвижного состава равно ширине колесной колеи  $K_k$ , которая меньше рельсовой колеи на величину  $\delta = K_p - K_k$ , что исключает зажатие колес подвижного состава между рельсами при возможной неточности укладки рельсового пути.

Рельсовый путь состоит из верхнего и нижнего строения (см. рис. 5.1). Верхнее строение постоянного рельсового пути включает в себя рельсы и элементы крепления рельсов между собой и закрепления их к шпалам, противоугоны, шпалы и балластный слой, а также стрелочные переводы и съезды. Нижним строением является почва выработки с водоотводной канавой.

В угольных и рудных шахтах находят применение рельсы типа Р18, Р24, Р33, Р38 и Р43 (цифры обозначают массу 1 м рельса в кг). Тип рельса выбирают в зависимости от назначения и величины грузопотока локомотивной откатки и вместимости вагонетки. Если при проведении выработки укладывают только временные рельсовые пути, которые впоследствии демонтируют, применяют рельсы Р18 и Р24 (при проведении городских коллекторных тоннелей малого диаметра допускается укладка рельсов Р11).

Для постоянных рельсовых путей при использовании вагонеток вместимостью до 2 м<sup>3</sup> применяют рельсы Р24, для вагонеток большей вместимости — Р33 и Р38. В рудных шахтах для вагонеток с вместимостью кузова 9,5 м<sup>3</sup> используют рельсы Р43.

В зависимости от способа вскрытия месторождения (вертикальными или наклонными стволами, штольнями) и условий спуска грузов в шахту длина отдельных отрезков рельсов составляет 6—8 м при условии спуска по вертикальному стволу или до 12,5 м при условии их доставки по наклонному стволу или штольне.

При укладке рельсового пути между собою отрезки рельсов соединяют накладками и закрепляют болтами. В шахтах, не опасных по газу или пыли, при укладке постоянного рельсового пути со сроком службы не менее пяти лет стыки рельсов сваривают.

Рельсы опираются на шпалы через подкладки, увеличивающие площадь опорной поверхности рельса. Применяют в основном клинчатые подкладки, которые придают рельсам уклон внутрь колес (подуклон), равный конусности колес подвижного состава, обеспечивая тем самым большую его устойчивость и меньший износ рельсов и колес.

Шпалы предназначены для закрепления на них рельсов и передачи давления от рельсов на балласт. Применяют деревянные, железобетонные и металлические шпалы.

Деревянные шпалы, которые получили наибольшее распространение, изготавливают из сосны, пихты или ели. Основной недостаток деревянных шпал — небольшой срок службы. Для увеличения срока службы до 5—8 лет деревянные шпалы пропитывают антисептиками (фтористым натрием или хлористым цинком). 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 противугоны (см. рис. 5.1).

Железобетонные шпалы обладают большей долговечностью и прочностью и дороже деревянных, но быстро окупаются благодаря снижению трудоемкости и затрат на содержание рельсового пути. Железобетонные шпалы применяют на постоянных рельсовых путях с большим сроком службы. С железобетонными шпалами рельсы скрепляют болтовыми соединениями или костылями, забиваемыми в деревянные пробки, пропитанные антисептиками. Между железобетонными шпалами и металлическими подкладками при укладке рельсового пути устанавливают резиновые амортизационные прокладки толщиной до 15 мм.

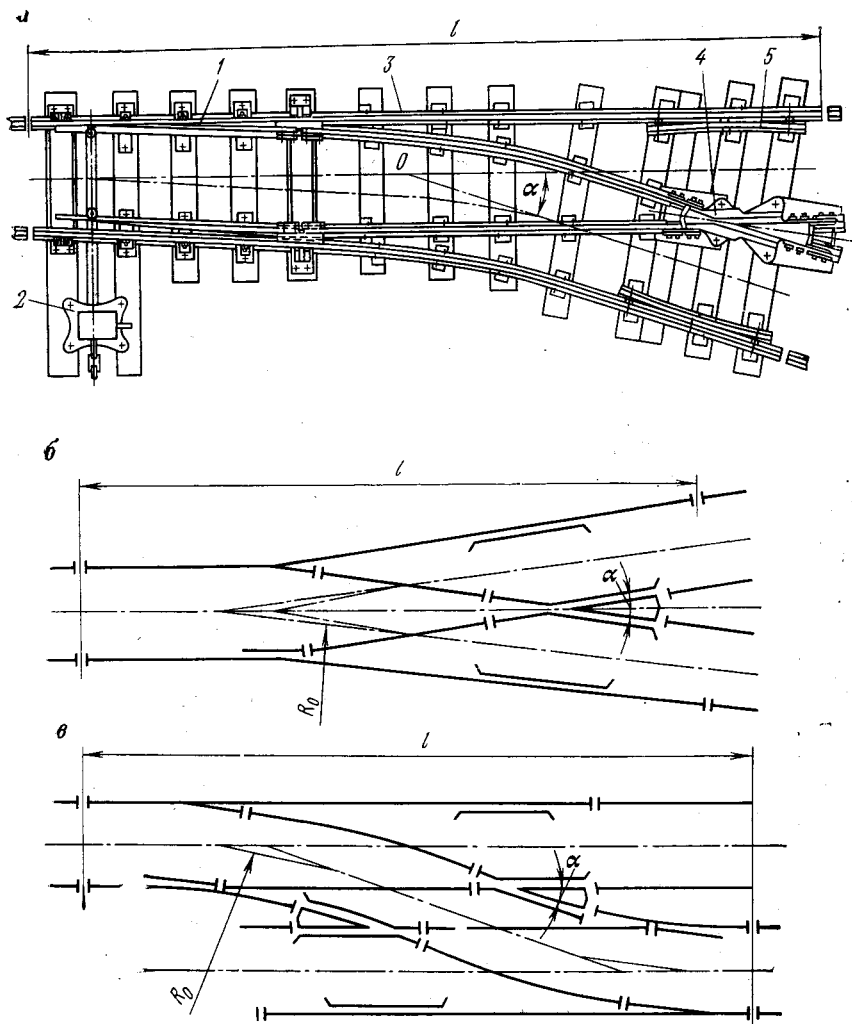


Рис. 5.2. Типы стрелочных переводов и съездов:

*а* — стрелочный перевод односторонний; *б* — симметричный перевод; *в* — односторонний съезд

Металлические шпалы изготавливают обычно из отрезков швеллеров и применяют только на временных рельсовых путях.

Балластный слой предназначен для равномерного распределения давления от шпал на почву выработки, смягчения ударов от подвижного состава, предохранения шпал от сдвигания и отвода воды. Материал балласта должен обладать хорошей упругостью, не подвергаться размоканию и хорошо пропускать воду. В качестве балласта применяют щебень крупностью от 20 до 60 мм, сортированный гравий крупностью 20—40 мм, иногда дробленую по-

роду. Толщину балластного слоя под шпалами на постоянных рельсовых путях в зависимости от величины грузопотока принимают равной 100—150 мм. В выработках со слабой почвой толщина балластного слоя должна быть не менее 200 мм.

При укладке рельсового пути в обводненных выработках подше, на которую укладывают балласт, придают поперечный уклон, равный 0,02 в сторону водоотводной канавы. Дно и стенки водоотводных канав при слабых породах закрепляют бетонными лотками.

Для перемещения подвижного состава с одного рельсового пути на другой применяют стрелочные переводы и съезды.

Комплект стрелочного перевода (рис. 5.2, а) состоит из двух подвижных перьев (остряков) в сборе с рамными рельсами, переводного механизма, цельнолитой крестовины и переводных кривых. Два подвижных пера 1 соединены тягами с переводным механизмом 2. В одном из рабочих положений острие пера прижимается к одному из рамных рельсов 3. Крестовина 4, устанавливаемая в месте разрыва рельсов, состоит из сердечника, горловины и двух усювиков, образующих вместе с краями сердечника канавки для пропуска реборд колес подвижного состава. Для предохранения от захода реборд колес в несоответствующие канавки крестовины устанавливают контррельсы 5. Соединительная часть стрелочного перевода включает в себя прямые участки и переходные кривые.

Основным параметром стрелочного перевода является марка крестовины  $M = 2 \operatorname{tg} \alpha / 2$ , характеризующаяся величиной центрального угла сердечника крестовины  $\alpha$ , которым определяется радиус кривых на переходных участках и длина стрелочного перевода.

Для шахтных условий применяют обычно крестовины марки 1/4, 1/5, 1/7, реже 1/2 и 1/3. Чем больше марка крестовины, тем меньше длина стрелочного перевода и труднее вписывание подвижного состава.

Точка  $O$  пересечения осей прямого и бокового путей называется геометрическим центром стрелочного перевода. Длина стрелочного перевода  $l$  определяется от стыка рамного рельса у острия до стыка, расположенного за крестовиной.

Переводной механизм стрелочного перевода может быть ручным или механическим, оборудованным электромагнитным (соленоидным), электромеханическим (винтовая пара с электродвигателем) или гидравлическим стрелочными приводами. Управление стрелочными приводами осуществляют дистанционно с пульта диспетчером или машинистом из кабины локомотива с помощью высокочастотных сигналов, подаваемых на реле пускателя электромагнитного стрелочного привода.

В шахтных условиях находят применение стрелочные переводы следующих типов: переводы односторонние (ПО) правого (П) или левого (Л) исполнения; переводы симметричные (ПС); съезды (С) односторонние левые или правые (см. рис. 5.2, а—в). Каждый тип стрелочного перевода имеет свое условное обозначение.

ние, например ПО 624-1/5-12П, где: первые буквы обозначают тип перевода; трехзначное число, в котором первая цифра указывает ширину рельсовой колеи в дм, две вторые — тип рельса; дробь — марку крестовины; число после дроби — радиус переводной кривой в м; буква в конце обозначения — исполнение правое или левое.

## 5.2. Укладка рельсового пути

При проведении подготовительных выработок вслед за подвиганием забоя укладывают временные рельсовые пути, если используют погрузочные машины на колесно-рельсовом механизме перемещения. В качестве временных рельсовых путей применяют переносные звенья, состоящие из прикрепленных к металлическим шпалам отрезков рельсов длиной 2—4 м, выдвижные рельсы или выдвижные рамки. Переносные звенья укладывают на длину стандартного отрезка рельса, после чего их убирают и заменяют рельсами постоянного пути.

Выдвижные рельсы (рис. 5.3, а) укладывают повернутыми на бок и с помощью распорок прижимают к рельсам ранее настланного постоянного пути. При уборке породы колеса погрузочной машины и вагонетки перемещаются ребрами своих колес по шейкам повернутых рельсов. По мере подвигания забоя выдвижные рельсы перемещают ковшом погрузочной машины и вновь раскрепляют. После выдвигания рельсов на всю длину их укладывают в нормальное положение и прикрепляют к шпалам.

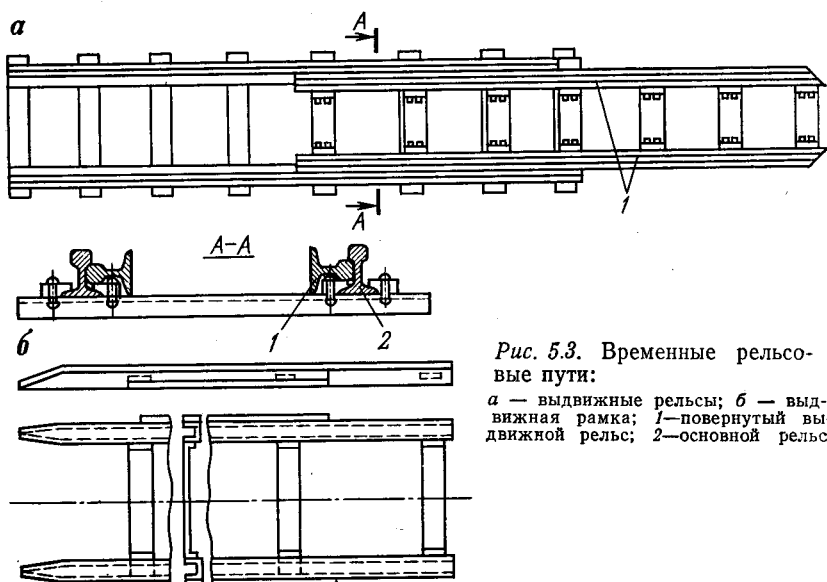


Рис. 5.3. Временные рельсовые пути:

а — выдвижные рельсы; б — выдвижная рамка; 1—повернутый выдвижной рельс; 2—основной рельс

Выдвижную рамку (рис. 5.3, б) изготавливают из стального проката. Ее ширина равна ширине рельсовой колеи. При проведении выработки рамку накладывают на рельсы, колеса погрузочной машины при уборке породы перемещаются по рамке. Выдвижение рамки на забой производят ковшом погрузочной машины, и вместо рамки настилают отрезки рельсов.

Временные рельсовые пути настилают без балластного слоя. Расстояние между шпалами может быть в несколько раз большим по сравнению с постоянными рельсовыми путями.

Продольный профиль постоянного рельсового пути для откаточных выработок желательно выбирать с таким уклоном в сторону грузового движения состава (околоствольного двора), на котором сила сопротивления движению груженого состава на спуск  $W_{гр}$  равна силе сопротивления движению порожнего состава  $W_{пор}$  на подъем ( $W_{гр} = W_{пор}$ ). Такой уклон рельсового пути называют *уклоном равного сопротивления*. Для обеспечения надежного стока воды величину уклона принимают равной 0,003—0,005, хотя по расчету его величина может оказаться несколько меньшей.

Укладку постоянного рельсового пути производят в следующей последовательности. Вначале маркшейдер разбивает ось пути и устанавливает реперы на стенке выработки через каждые 10—15 м на высоте 1 м от уровня головки рельсов. Расстояние от стенок выработки до оси откаточного пути выбирают из условия, чтобы свободное расстояние между креплением и подвижным составом с одной стороны было равно 0,2—0,25 м, а с другой стороны для прохода людей — 0,7 м. Свободное расстояние между встречными составами в двухпутевой выработке должно быть не менее 0,2 м.

Затем производят планировку почвы выработки, раскладывая шпалы перпендикулярно к оси выработки. Расстояние между осями шпал должно быть 650—700 мм, а расстояние от оси стыковой шпалы до стыка рельсов — 200 мм. Концы шпал, обращенные к проходу для людей, располагают по шнуру. На шпалы укладывают рельсы, стыки которых на обеих нитках должны быть друг против друга. 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. При соединении концов рельсов сваркой сваренные рельсы укладывают на шпалы с независимым расположением стыка по отношению к шпалам.

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

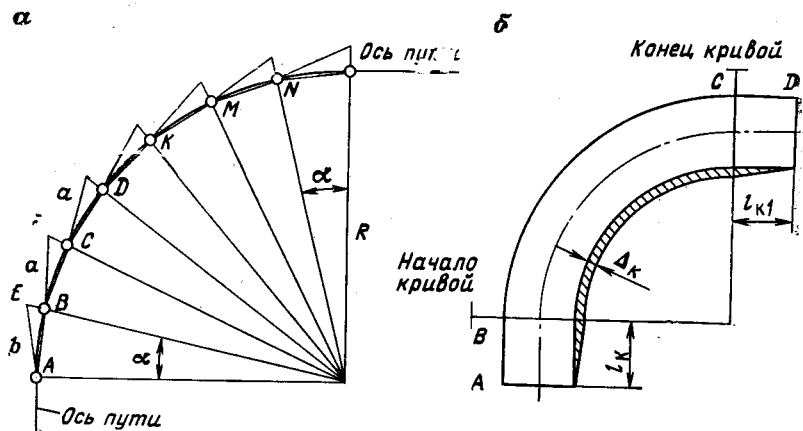


Рис. 5.4. Схема укладки рельсового пути на закруглениях:

а — разбивка кривой пути способом продолженных хорд; б — уширение рельсовой колеи

ми рельсовыми путями в двухпутных выработках. В качестве электросоединителей применяют отрезки медного провода сечением не менее  $50 \text{ мм}^2$  или стальные прутки или полосы сечением не менее  $150 \text{ мм}^2$ .

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 подштокками 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. Ширину рельсовой колеи после этого проверяют по шаблону, расположение головок рельсов на одном уровне контролируют ступенчатой рейкой, уклоны — ватерпасом.

На закруглениях рельсовый путь укладывают по радиусу, величина которого зависит от скорости движения, размера жесткой базы подвижного состава и ширины колеи. Согласно ПБ для колеи 600 мм радиус закругления  $R$  принимают не менее 12 м, для колеи 900 мм — не менее 20 м. Для перемещения одиночных вагонеток с малой скоростью допускается радиус закругления путей, равный четырем жестким базам вагонеток.

Разбивку оси криволинейного участка пути производят по методу продолженных хорд. На оси криволинейного участка (рис. 5.4, а) характерные точки *A*, *B*, *C* и т. д. определяют вытягиванием мерной ленты (рулетки) по направлению предыдущей прямой на длину хорды *b*, равную 0,5; 1; 1,5; 2 м, с последующим ее поворотом в сторону закругления на величину  $a = b^2/R$ .

Во избежание зажатия реборд колес подвижного состава между рельсами, а также для снижения сопротивления движению и износа колес на закруглениях производят уширение колеи (рис. 5.4, б) путем отодвигания внутреннего рельса к центру кривой на величину  $\Delta K = 5 \div 25$  мм (в зависимости от радиуса закругления и массы локомотива).

На закруглениях на внутренней нитке кривой укладывают укороченные рельсы длиной (м)

$$L_{\text{вн}} = L_{\text{нар}} - \Delta L,$$

где  $L_{\text{нар}}$  — длина рельсов, укладываемых на наружной кривой, м;

$$\Delta L = K_p L_{\text{нар}} / R,$$

где  $K_p$  — ширина рельсовой колеи, м.

Переходной участок (мм)  $l_k = (100 \div 300) \Delta K$ .

Для компенсации центробежной силы и сохранения устойчивости подвижного состава внешний рельс приподнимают по отношению к внутреннему рельсу на величину  $\Delta h = 15 \div 60$  мм, зависящую от скорости движения, жесткой базы и радиуса закруглений.

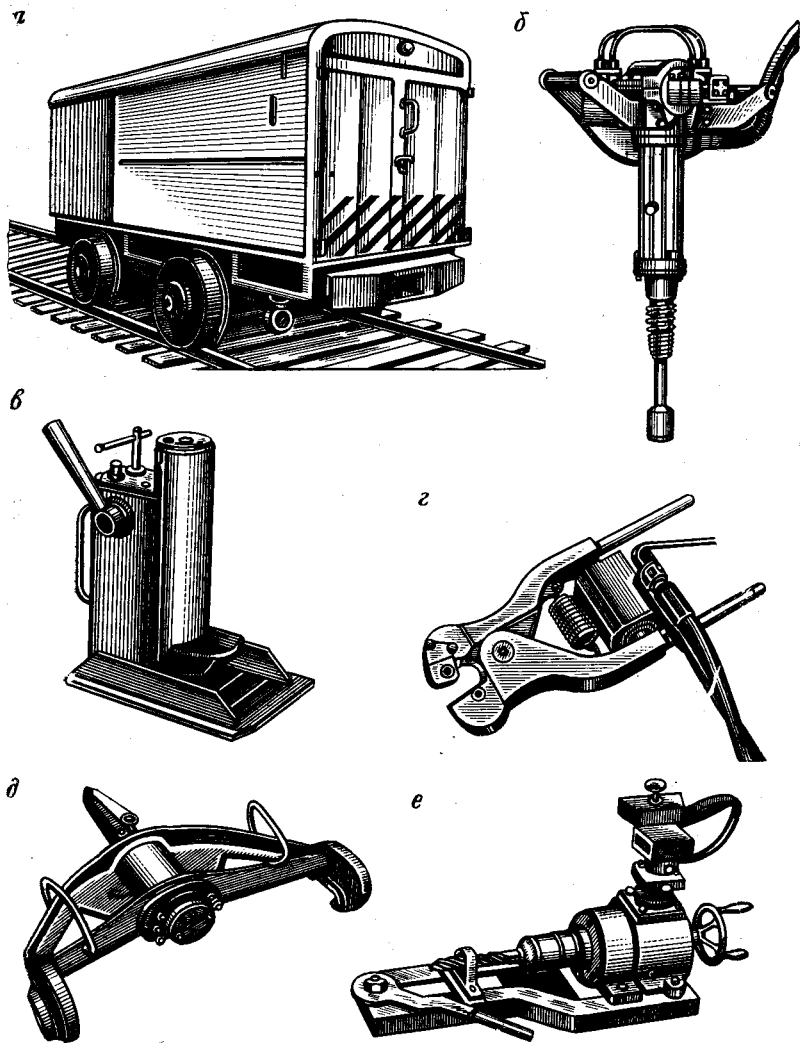
На закруглениях обе рельсовые нитки через каждые 2—3 м соединяют металлическими стяжками. С целью предотвращения схода подвижного состава на кривых с радиусом закруглений рельсовых путей менее 12 м внутри колеи устанавливают контр-рельсы.

При укладке рельсового пути применяют различные путевые приборы, приспособления и инструменты, а также грузоподъемные устройства и передвижные краны на самоходном колесно-рельсовом шасси, монтажные агрегаты типа АМШ, оборудованные подъемной телескопической стрелой, монтажной лебедкой, устройством для демонтажа рельсового пути, сварочным постом и гидрофицированным инструментом.

Основным направлением в развитии средств механизации путевых работ является широкое использование путеукладочных комплексов, позволяющих механизировать более 80% операций на путевых работах и увеличить производительность труда более чем в 2 раза.

В настоящее время широко применяют путевые установки типа ПГИ-2РВ (рис. 5.5), состоящие из гидрофицированной передвижной установки с набором путевых гидравлических инструментов (костылезабивщик, костылевыдергиватель, кусачки, рельсогибочный пресс, рельсоверлильный станок, два гидродомкрата, три рихтовщика). В установку входит также бункер-вагон, предназ-





**Рис. 5.5.** Путьевая установка типа ПГИ-2РВ с набором инструмента для путе-  
вых работ:

*а* — передвижная установка; *б* — костылезабивщик; *в* — домкрат; *г* — кусачки; *д* — рель-  
согибочный пресс; *е* — рельсошерпильный станок

наченный для транспортирования, дозированного рассыпания и  
разравнивания балласта. Питание инструментов, кроме домкрата  
и рихтовщиков, производится от маслonaпорной станции по шлан-  
гам. Домкраты и рихтовщики имеют автономное питание.

Созданный институтом ВНИИОМШС, путеукладочный комп-  
лекс типа КПШ-900 предназначен для укладки пути готовыми  
звеньями, доставленными к месту работы, или со сборкой звень-

ев на месте укладки. Этот комплекс включает в себя путеукладочную машину, балластные вагонетки, платформы для перевозки звеньев рельсошпальной решетки и тележку с кузовом, в котором расположены различные путевые инструменты, питаемые сжатым воздухом.

Более совершенными являются путеукладочные поезда ПП-750 и ПП-900, которые состоят из специального электровоза, путевой машины, вагона с комплектом путевого инструмента, подъемно-рихтового агрегата, балластировочного бункер-вагона.

Специальный электровоз, питаемый от контактной сети или через кабель, предназначен для транспортирования путевых машин. Кроме того, он оборудован генераторной установкой для питания путевой машины. На путевой машине установлены грузоподъемное устройство, маслonaпорная станция и кабельный барабан. Вагон укомплектован разнообразным гидравлическим инструментом, который, кроме инструмента установки ПГИ-2РВ, содержит два подбойщика, рельсорезный станок, гайковерт, рельсошлифовалку и путеизмерительный шаблон. Подъемно-рихтовый гидрофицированный агрегат предназначен для подъема, сдвижки, рихтовки и демонтажа рельсошпальной решетки.

Для очистки пути и водоотводных канав применяют различные путеочистительные машины, например типа МПШ, рабочим органом которых является барабан с закрепленными зубками, служащими для рыхления слежавшегося штыба, и щетками для подачи штыба на скребковый конвейер и затем в вагонетки. Питание машины производится от аккумуляторных батарей или контактной сети.

Для проходки и очистки водоотводных канав применяют погрузчик ковшовый универсальный типа ПКУ, который укомплектован навесным сменным оборудованием (грейфером и крюком).

### **5.3. Путевое оборудование для обмена вагонеток при проведении горных выработок**

При проведении выработок и загрузке погрузочной машиной одиночных вагонеток необходимо выполнение операций по обмену груженых вагонеток на порожние. Откатку вагонеток при обмене производят вручную, локомотивами, маневровыми лебедками, а для сокращения времени обмена вагонеток применяют различное путевое оборудование.

В зависимости от времени использования различают *временное путевое оборудование*, которое располагают непосредственно у забоя и продвигают вслед за продвижением подготовительного забоя, и *стационарное путевое оборудование*, устанавливаемое периодически через 50—100 м и более. По отношению к рельсовому пути, по которому производят откатку при обмене вагонеток, различают накладные, врезные и рамные конструкции путевого оборудования.

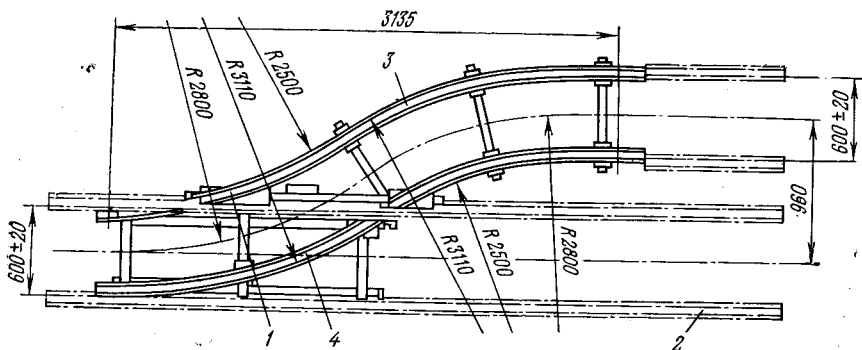


Рис. 5.6. Накладная стрелка

Передвижное временное путевое оборудование располагают на расстоянии 20—25 м от забоя и накладывают на рельсовый путь. К ним относятся накладные стрелки, накладные плиты-разминовки и съезды, поперечные роликовые перекатные платформы.

Накладная стрелка (рис. 5.6) состоит из двух рам, наружной I для соединения основного пути 2 с рельсами 3 разминовки и

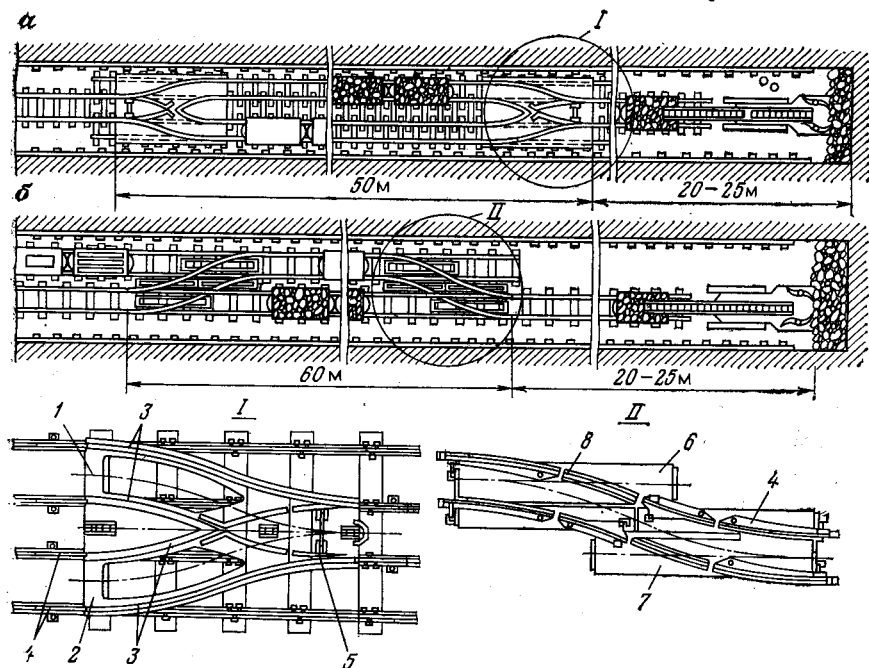


Рис. 5.7. Схемы обмена вагонеток с помощью накладной плиты (а) и съезда (б):

1 и 2 — плиты; 3 — головки рельсов; 4 — передвижные перья; 5 — неподвижные перья; 6 и 7 — рамы из швеллеров; 8 — неподвижные рельсы

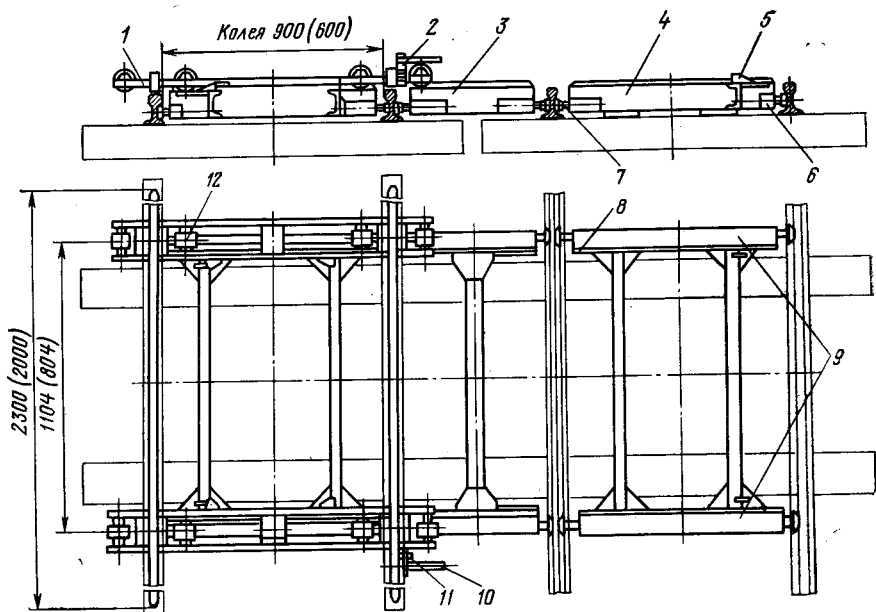


Рис. 5.8. Платформа перекатная роликовая типа ППР2:

1 — тележка; 2 — стопорное устройство; 3 — боковая рама; 4 — основная рама; 5 — неподвижные упоры; 6 — неподвижные опоры; 7 — подвижные опоры; 8 — реборды; 9 — направляющие основной и промежуточной рам; 10 — педаль; 11 — фиксатор; 12 — ролики

внутренней 4 для направления колес вагонеток на основной путь. На внутренней раме 4 имеется клинообразный откидной вкладыш, который вручную накладывают на рельсы в месте примыкания внутренней и наружной рам к рельсу основного пути, что обеспечивает возможность перекачивания вагонетки с основного пути на разминовку.

При обмене одиночных вагонеток при проведении однопутных горизонтальных выработок широко применяются симметричные накладные плиты, в двухпутных выработках — накладно-вкладные съезды и перекатные платформы. Во время проходки выработки накладные разминовки перемещают погрузочной машиной, благодаря чему расстояние от забоя до разминки сохраняется минимальным.

Обмен вагонеток может быть осуществлен с помощью накладных разминок, накладной плиты и съезда (рис. 5.7). На концах рельсов накладной плиты и съезда имеются скосы, позволяющие без толчков накатывать на них вагонетки.

Накладные разминожки предназначены для обмена составов с локомотивом и состоят из двух накладных стрелок и секций пути.

Для обмена одиночных вагонеток применяют платформы перекатные роликовые: в однопутных выработках — типа ППР1, в двухпутных — типа ППР2 на колею 600 и 900 мм (рис. 5.8).

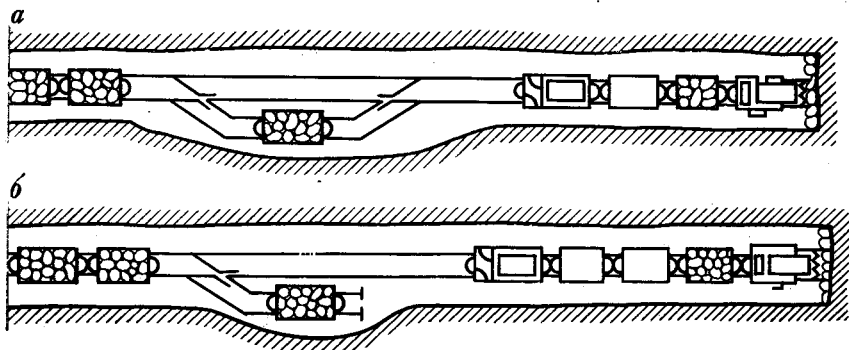


Рис. 5.9. Схемы стационарного путевого оборудования для обмена вагонеток: а — замкнутая разминовка; б — тупиковая разминовка

Платформа состоит из двух основных и одной промежуточной рам и тележки, перекатываемой по ним в поперечном направлении к оси выработки. Для фиксации тележки на основных рамах имеются упоры. Самопроизвольное скатывание вагонетки при перемещении с одного рельсового пути на другой предотвращается стопорными устройствами.

В качестве путевого оборудования для обмена вагонеток, переносимого периодически через большие интервалы времени, чем передвижные накладные устройства, применяются замкнутые и тупиковые разминовки, вагоноперестановщики с подъемным устройством.

Замкнутые и тупиковые разминовки (рис. 5.9) выполняют длиною на одну или партию вагонеток. Для укладки разминок необходимо производить уширение выработки.

Время обмена одной вагонетки зависит прежде всего от расстояния между обменным устройством и забоем. Увеличение этого расстояния влечет за собой увеличение продолжительности обмена вагонеток, а уменьшение — сокращение времени на обмен вагонеток, что, однако, приводит к увеличению затрат времени на перенос устройств и капитальных затрат на устройство уширений выработки. Из условия минимальной трудоемкости работ по переноске обменных устройств установлен оптимальный шаг  $L_{\text{опт}}$  (м) переноски, который для однопутных выработок определяется по формуле

$$L_{\text{опт}} = \sqrt{2t_{\text{пер}}V_{\text{в}}k_{\text{з}}v/\Omega_{\text{пр}}k_{\text{р}}},$$

где  $t_{\text{пер}}$  — затраты времени на переноску средства, мин;  $V_{\text{в}}$  — вместимость вагонетки, м<sup>3</sup>;  $k_{\text{з}}$  — коэффициент заполнения вагонетки;  $v$  — средняя скорость движения вагонетки, м/мин;  $\Omega_{\text{пр}}$  — площадь сечения выработки в проходке, м<sup>2</sup>;  $k_{\text{р}}$  — коэффициент разрыхления горной массы.

Например, при использовании вагонеток с вместимостью кузова  $V_{\text{в}}=3,3$  м<sup>3</sup> и площади сечения выработки в проходке  $\Omega_{\text{пр}}=15$  м<sup>2</sup>  $L_{\text{опт}}=108$  м. При  $\Omega_{\text{пр}}=50$  м<sup>2</sup>  $L_{\text{опт}}=60$  м.

Наиболее эффективным способом снижения затрат времени на обмен вагонеток является использование ленточных перегружателей, обеспечивающих загрузку партии вагонеток, расположенных в забое. Применение даже коротких перегружателей с длиной консольной части до 12 м позволяет увеличить  $L_{\text{опт}}$  в 2,1—2,3 раза.

#### 5.4. Эксплуатация рельсового пути

Безопасность движения подвижного состава по рельсовым путям обеспечивается правильной их эксплуатацией, которую выполняют специальные бригады из расчета 1—3 рабочих на 1 км горизонтального пути. Рабочие осуществляют проверку путевого хозяйства, исправляют во время путевого обхода мелкие повреждения, выполняют текущий и капитальный ремонты.

Текущий ремонт включает в себя выборочную замену шпал, рельсов, подбивку балласта, рихтовку на отдельных участках пути, капитальный ремонт (смену шпал на всем участке пути), замену стрелочных переводов, изношенных рельсов и другие операции.

Путь, путевые устройства, стрелочные переводы, а также зазоры и проходы в откаточных выработках проверяются начальником внутришахтного транспорта или его заместителем не реже одного раза в месяц и горным мастером — не менее двух раз в месяц.

Запрещается эксплуатация рельсового пути при износе головок рельсов по высоте более 12 мм для рельсов Р24 и более 16 мм для рельсов Р33, а также при расширении рельсовой колеи более чем на 4 мм и сужении более чем на 2 мм.

В откаточных выработках устанавливают путевые и сигнальные знаки — предупредительные, указательные и запрещающие.

При путевых работах вдоль рельсового пути устанавливают сигнальные знаки с указанием номера пикета, начала и конца кривой, пересечения пути, ограничения скорости. Перед ремонтом пути выставляют световые сигналы на расстоянии не менее 80 м в обе стороны от места работы. Ремонт рельсового пути производят только после отключения и заземления контактного провода.

### 6. РУДНИЧНЫЕ ВАГОНЕТКИ

#### 6.1. Типы и конструкции рудничных вагонеток

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

При строительстве и реконструкции угольных и рудных шахт и других подземных сооружений применяются следующие типы

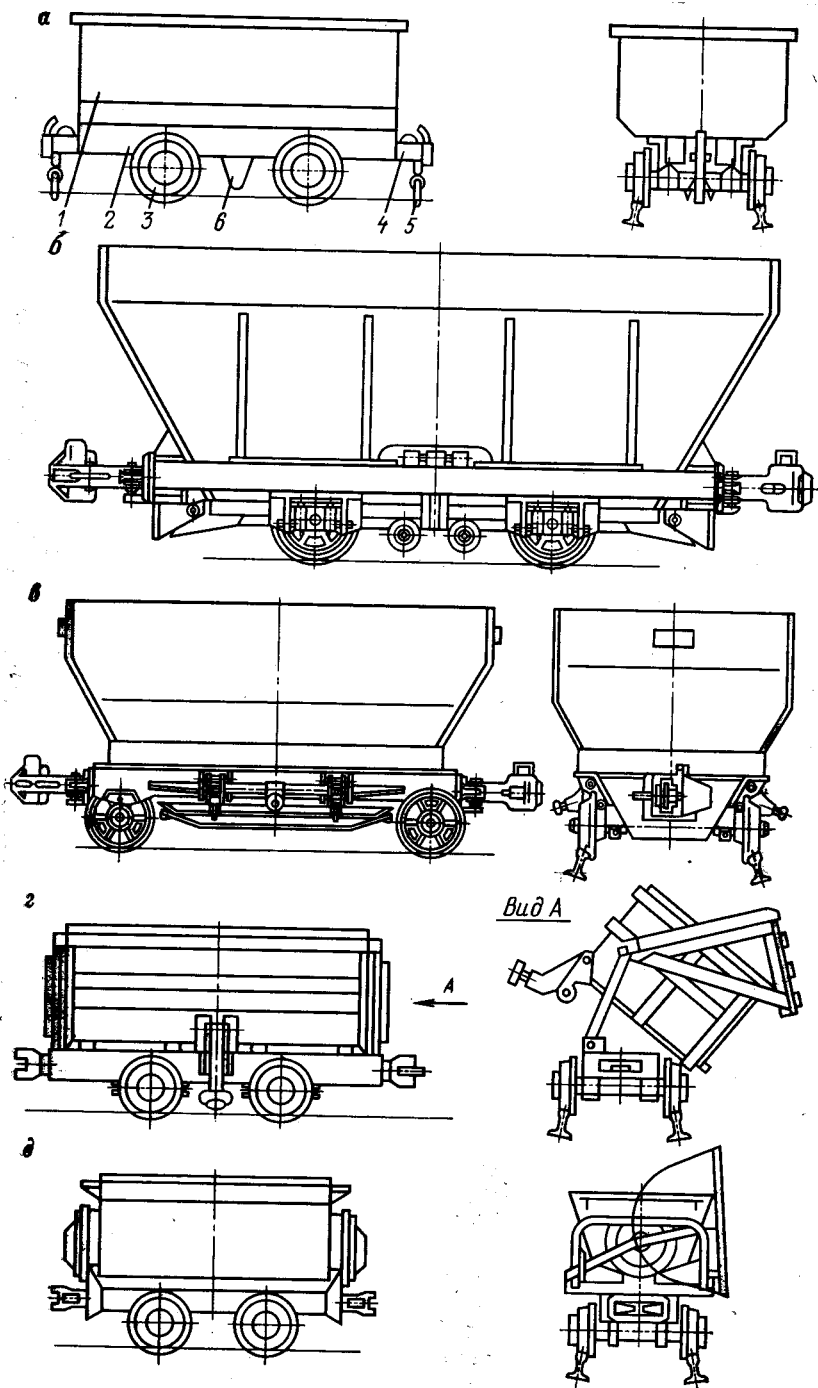


Рис. 6.1. Рудничные вагонетки

грузовых вагонеток: с глухим, жестко закрепленным на раме вагонетки кузовом (тип ВГ) с разгрузкой в круговых опрокидывателях; с кузовом, снабженным откидными днищами (тип ВД и ВДК) с разгрузкой через днище; с кузовом, шарнирно закрепленным на раме и поднимающимся откидным бортом (тип ВБ) с разгрузкой при наклоне кузова и подъеме борта; с глухим опрокидным кузовом (тип ВО) с разгрузкой при опрокидывании кузова.

Наиболее широко применяются при проведении горных выработок вагонетки с глухим кузовом типа ВГ, как наиболее прочные, простые по конструкции и надежные в работе (рис. 6.1, а).

Вагонетки с откидными днищами типа ВД и ВДК применяют в основном на угольных шахтах. Вагонетка типа ВД имеет два шарнирно закрепленных днища (рис. 6.1, б), 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.

В вагонетке типа ВДК (рис. 6.1, в) днища клапанного типа открываются вдоль продольной оси кузова, при этом створки днища в открытом положении располагаются выше головок рельсов. В закрытом положении днища удерживаются замковым рычажным устройством. В месте разгрузки над бункером ролики, закрепленные на створках днища, накатываются на лыжи, после чего замковые устройства освобождают днища и горная масса разгружается в бункер. При дальнейшем движении вагонетки ролики днищ взаимодействуют с лыжей закрывающего устройства и створки днищ закрываются.

Вагонетки типа ВДК предназначены для транспортирования угля и породы в угольных шахтах. Они могут быть использованы для закладки выработанного пространства с крутым залеганием угольных пластов и балластировки рельсового пути.

Преимущество вагонеток с откидными днищами — 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. 6.1, г) 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.

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

В вагонетках типа ВО (рис. 6.1, д) 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 этих вагонеток — возможность разгрузки в любом месте без опрокидывателя, недостатки — необходимость выполнения ручных операций и значительный коэффициент тары вагонетки. Эти вагонетки широко применяют в рудных шахтах, а также для транспортирования горной массы при строительстве подземных сооружений различного назначения.

Основные элементы вагонетки: кузов 1, рама 2, полускаты 3, буфера 4, сцепки 5 и подвагонный упор 6 (см. рис. 6.1, а).

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

Рама вагонетки обычно состоит из двух швеллеров с дополнительными поперечными связями. Оси полускатов с рамой соединяют либо жестко, либо с помощью резиновых или пружинных амортизаторов, которые обеспечивают смягчение ударов при движении по стыкам рельсов и равномерное распределение нагрузки от всех колес на рельсы.

Для улучшения проходимости на кривых рельсового пути большегрузные вагонетки выполняют с двумя двухосными тележками, которые шарнирно соединяются с рамой.

Полускаты вагонеток состоят из закрепленных на раме осей с двумя колесами на шарико- или роликоподшипниках.

Буфера служат для амортизации ударов при столкновении вагонеток и для уменьшения опасности травматизма при выполнении вручную операций по расцепке и сцепке. Буфера бывают жесткие и эластичные с пружинными или резиновыми амортиза-

торами. Вагонетки большой вместимости оборудуются эластичными амортизаторами.

Сцепные устройства вагонеток подразделяются на простые и автоматические, а по конструктивному исполнению — на невращающиеся и вращающиеся. Последние обеспечивают возможность разгрузки вагонеток в круговых опрокидывателях без расцепки состава.

Простые сцепки требуют выполнения ручных операций, устанавливаются на вагонетках с относительно небольшой вместимостью кузова. На большинстве вагонеток установлены автосцепки, обеспечивающие автоматическое сцепление вагонеток при их столкновении, а расцепление осуществляют путем нажатия вручную на рычаг расцепления сцепки, установленный у торцевой стенки кузова вагонетки.

## 6.2. Проходческие бункер-вагоны и бункер-поезда

Проходческие бункер-вагоны предназначены для непрерывного приема, транспортирования и разгрузки горной массы при проведении горизонтальных горных выработок на рудных шахтах и тоннелей большого поперечного сечения.

Бункер-вагон (рис. 6.2, а) состоит из кузова 1, установленного на двухосных тележках 2. В днище кузова встроен двухцепной скребковый конвейер, привод которого осуществляется двумя пневмодвигателями 3. С передней тележкой кузов шарнирно соединен двумя рычагами 4, расположенными с обеих сторон кузова, а с задней тележкой — горизонтальными шарнирами, которые

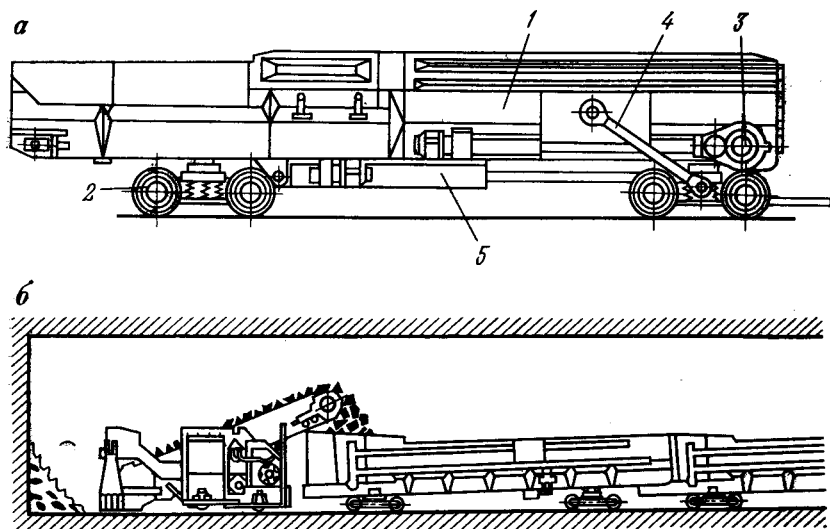


Рис. 6.2. Проходческие бункер-вагоны с донным скребковым конвейером:  
а — бункер-вагон типа ВПК; б — бункер-вагон фирмы «Хэглунд» (Швеция)

позволяют поднимать и опускать кузов в вертикальной плоскости. Гидроцилиндр 5, с помощью которого осуществляются сдвигка вагонов и подъем передней части кузова, одним концом крепится к нижней части кузова, а другим — к верхней балке передней тележки. Насос гидроцилиндров приводится от пневмодвигателя. При погрузке и разгрузке вагон подсоединяется шлангами к шахтной пневмосети.

Перед загрузкой в забое производят подъем и надвижку кузовов, образуя из вагонов сплошной бункер (см. рис. 3.3, в). Погрузку производят погрузочной машиной с торца первого вагона. С помощью донных скребковых конвейеров горная масса передается из одного вагона в другой. После загрузки вагоны опускают в транспортное положение, локомотивом откатывают до рудоспуска и разгружают горную массу поочередно из каждого вагона донным конвейером.

Отечественной промышленностью серийно выпускаются проходческие бункер-вагоны ВПК-7 и ВПК-10 (см. рис. 6.2, а).

#### Техническая характеристика проходческих бункер-вагонов

	ВПК-7	ВПК-10
Вместимость кузова, м <sup>3</sup> . . . . .	7	10
Рельсовая колея, мм . . . . .	600, 750, 900	750 и 900
Время разгрузки, с . . . . .	60—90	120—150
Габариты, мм:		
длина . . . . .	8300	10100
ширина . . . . .	1350	1500
высота . . . . .	1650	1650
Масса, т . . . . .	10	12,5

Преимущество проходческих бункер-вагонов — возможность приемки и транспортирования всей горной массы, отбитой за буровзрывной цикл, что резко увеличивает коэффициент использования погрузочной машины. Недостаток — сложность и ненадежность работы узла надвижки вагонов.

Фирма «Хэглунд» (Швеция) выпускает бункер-вагоны, у которых скребковый конвейер в днище кузова расположен наклонно, переднюю часть кузова не приподнимают, а вводят в погрузочную уширенную часть кузова предыдущего вагона (рис. 6.2, б). Использование бункер-вагонов такой конструкции позволяет проводить выработки сечением от 3—4 м<sup>2</sup>.

Существуют конструкции бункер-поездов, состоящих из шарнирно соединенных между собой секций с боковыми стенками, образующими по всей длине поезда сплошной бункер, снабженный устройством для приема, загрузки горной массы по длине бункера и ее разгрузки. В качестве такого устройства применяют скребковые конвейеры или скреперные установки, смонтированные на самом бункер-поезде.

По сравнению с обычным составом вагонеток бункер-поезд обладает такими преимуществами, как меньшая длина при равной грузоподъемности, возможность непрерывной приемки всей горной массы, отбитой за один буровзрывной цикл. Недостатками



Рис. 6.3. Бункер-поезд и его расположение в забое проводимой выработки:

1 — стрела перегружателя проходческого комбайна; 2 — скрепковый перегружатель; 3 — бункер-поезд; 4 — скрепковый конвейер, встроенный в днище бункер-поезда; 5 — скрепковый приемный конвейер; 6 — скрепковый или ленточный конвейер, установленный в прямуюющую к проводимой выработке; 7 — тележка с запасом каната напочвенной канатной дороги

бункер-поездов являются большая масса и сложность конструкции, возможность загрузки и разгрузки только на прямолинейных участках.

Бункер-поезда, снабженные скреперной установкой, не нашли промышленного использования ввиду громоздкости и небольшой эксплуатационной производительности. Бункер-поезда с донным скрепковым конвейером обладают рядом преимуществ по сравнению со скреперными бункер-поездами, но не получили широкого применения ввиду того, что в бункер-поездах, собранных из шарнирно соединенных между собой стандартных вагонеток типа ВГ без торцевых стенок, происходило заклинивание и всплывание скрепковой цепи при работе на закруглениях и неровностях рельсового пути.

На некоторых угольных шахтах применяются бункер-поезда модернизированной конструкции (рис. 6.3). Бункер-поезд состоит из решетчатых секций скрепкового конвейера с высокими бортами. Секции смонтированы на оси полускатов вагонеток. Решетчатые секции соединяют между собой болтами, как и на скрепковом конвейере, что позволяет секциям поезда отклоняться друг относительно друга на  $3-4^\circ$  и вписываться в кривые рельсового пути радиусом 40—50 м. В поперечном сечении бункер-поезд представляет собой трапецию с площадью сечения груза до 1,2—1,4 м<sup>2</sup>.

В днище бункера встроен скрепковый двухцепной конвейер с гидроприводом, который в месте разгрузки подключают к насосной станции. По проводимой выработке бункер-поезд перемещают с помощью привода напочвенной канатной дороги.

При проведении выработки горная масса от комбайна поступает на скрепковый перегружатель, под стрелой которого располагают бункер-поезд. Заполнение бункер-поезда осуществляется при его протягивании под стрелой перегружателя тяговым канатом напочвенной дороги. Грузенный бункер-поезд перемещают к месту разгрузки и разгружают донным конвейером на скрепковый приемный конвейер, с которого горная масса поступает на скреб-

ковый или ленточный конвейер, установленный перпендикулярно к приемному в готовой выработке.

Вместимость бункер-поезда выбирают такой, чтобы обеспечить непрерывную работу проходческого комбайна за каждый цикл, причем крепление забоя и затяжку кровли и боков выработки совмещают во времени с движением груженого и порожнего бункер-поезда и его разгрузкой.

На угольных шахтах получают распространение секционные поезда, состоящие из шарнирно соединенных между собой секций вагонеток с откидными днищами, как у вагонеток типа ВДК. Загрузку секционных поездов углем производят на ходу под погрузочными пунктами, а разгрузку — при движении над бункером с открытыми днищами секций. Использование секционных поездов в угольных шахтах позволяет обеспечить поточную локomotивную откатку угля с повышением производительности на 15—20% по сравнению с откаткой в вагонетках с глухим кузовом.

Для проведения горных выработок секционные поезда не применяют.

### 6.3. Параметры вагонеток и область их применения

При строительстве и реконструкции шахт следует применять вагонетки того же типа, который предусмотрен для эксплуатации шахты, что дает возможность в период подготовки нового горизонта использовать постоянные породные комплексы на поверхности, а также после ввода в эксплуатацию горизонта не требуется замены одного типа вагонетки другим.

Главный параметр вагонетки — вместимость кузова, выраженная в  $m^3$  (указывается после буквенного обозначения). Другими параметрами вагонетки являются собственная масса, грузоподъемность, коэффициент тары (отношение собственной массы к грузоподъемности), ширина колес и жесткая база, удельное сопротивление перемещению.

Согласно параметрическому ряду серийно изготавливают вагонетки типа ВГ с кузовом вместимостью ( $m^3$ ) 0,8; 1,0; 1,1; 1,3; 1,4; 1,6; 2,5; 3,3; 4,0; (4,5); 9,0; (9,5) и 10,0; типа ВД — 3,3; 5,6 и 8,0; типа ВДК — 1,5 и 2,5; типа ВБ — 1,6; 2,5 и 4,0; типа ВО — 0,5; 0,8 и 1,0.

Для откатки горной массы при проведении выработок тип вагонетки и вместимость кузова выбирают исходя из назначения подземного сооружения (угольная или рудная шахта, тоннель) и конкретного наличия вагонеточного парка. Выбор вместимости кузова вагонетки зависит от различных факторов: способа проходки (комбайновый или буровзрывной); типа погрузочной машины; наличия перегружателя; размеров сечения выработки; способа разминировки и откатки. Для конкретных условий вагонетки выбирают на основании технико-экономического анализа, критере-

рием оптимальности которого является минимум приведенных затрат.

Например, практикой строительства угольных шахт установлено, что при проведении выработок комбайновым способом с использованием ленточного перегружателя и локомотивной откатки наиболее эффективна работа комбайна с вагонетками ВГ-3,3 при откатке их электровозом партиями по 10—12 шт. При буровзрывном способе проведения выработок и погрузке ковшовыми погрузочными машинами типа 1ППН5 наиболее широко применяют вагонетки ВГ-2,5 и ВГ-3,3.

Вагонетки типа ВБ и ВО используют при подготовке новых горизонтов на рудных шахтах, где имеется постоянный парк таких вагонеток.

Для магистральной локомотивной откатки вагонетки выбирают также на основании технико-экономических расчетов, включающих стоимость разгрузочных комплексов, проведения и поддержания главных откаточных выработок и других факторов. Вместимость вагонетки для откатки полезного ископаемого выбирают в зависимости от годовой производительности шахты. Так, например, для угольной шахты производительностью 1,2—3 млн. т в год рекомендуются вагонетки с вместимостью кузова 3,3; 4,0 и 5,6 м<sup>3</sup>; для рудных шахт производительностью в пределах 0,2—1; 1—2; 2—3; 3 и более млн. т в год соответственно 1—2,5; 2,5—4,5; 4,5—9,5 и 9,5—10 м<sup>3</sup>.

#### 6.4. Эксплуатация вагонеток

Надежность работы вагонеток зависит во многом от сроков выполнения и организации осмотров и планово-предупредительных ремонтов.

Вагонетки ежедневно подвергают осмотру, при котором дежурный слесарь особое внимание должен обращать на состояние кузова, болтовых соединений, сцепок, поверхности катания колес.

Один раз в 3 мес. ремонтная бригада производит ревизию вагонеток, контролирует их техническое состояние, проверяет износ отдельных деталей и узлов. Вагонетки подлежат ремонту при: наличии лысок на колесе более 14 мм; невращающемся одном колесе; деформациях кузова (выгнутых и выступающих за габарит кузовах более чем на 50 мм) и других повреждениях. Для ремонта вагонеток широко применяют специальные приспособления, гидравлические и винтовые устройства для правки кузовов, устройства для снятия и смазки колес.

В процессе эксплуатации внутренние стенки и днище кузова необходимо регулярно очищать от налипшей горной массы. Для очистки кузовов применяют различные механические приспособления в виде вращающихся щеток или шарошек, вводимых внутрь кузова, гидромониторных устройств или вибрационных устройств с пневмоприводом, которые устанавливают на барабане кругово-

го опрокидывателя. Вибрационное очистное устройство автоматически включается при повороте опрокидывателя.

Правилами безопасности запрещается: устанавливать сошедшие с рельсов вагонетки без использования самоставов, домкратов и стопорных башмаков; перевозить людей в грузовых вагонетках; производить ручную сцепку и расцепку вагонеток на ходу.

## 7. РУДНИЧНЫЕ ЛОКОМОТИВЫ

### 7.1. Классификация и область применения

При строительстве и реконструкции угольных и рудных шахт, а также при подземной добыче полезных ископаемых применяют локомотивы, которые можно классифицировать по роду энергии и способу ее подвода, величине сцепного веса и конструктивному исполнению с точки зрения взрывозащиты.

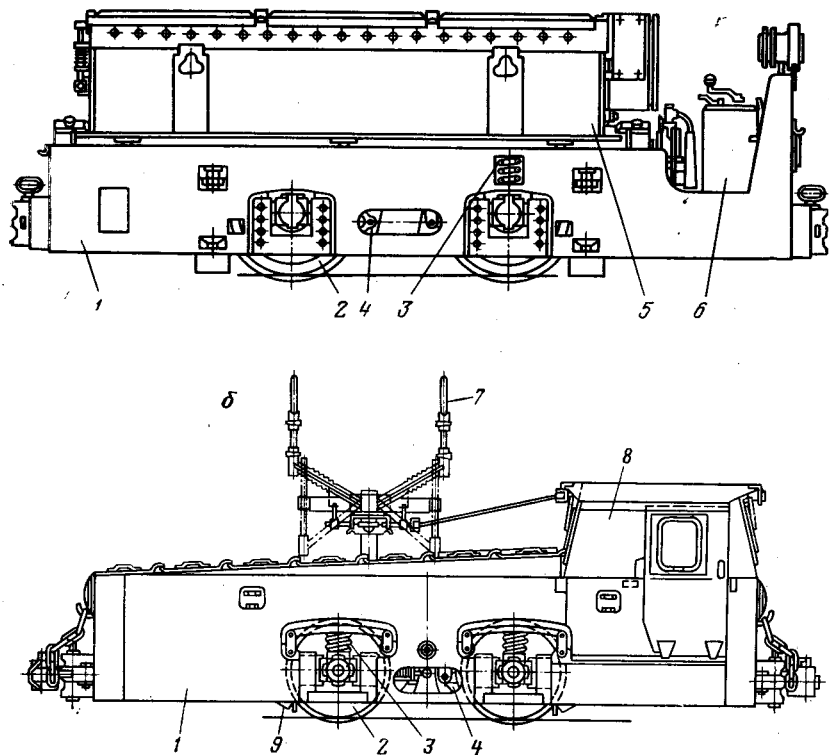


Рис. 7.1. Электровозы: аккумуляторный типа АМ8Д (а) и контактный типа К10 (б):

1 — рама; 2 — колесные пары; 3 — рессорное подвешивание; 4 — тормозная система; 5 — батарея; 6 — контроллер; 7 — токосъемник; 8 — кабина; 9 — песочная система

По роду потребляемой энергии различают: *электровозы* (на постоянном или переменном токе повышенной частоты); *дизелевозы* с двигателем внутреннего сгорания; *гировозы* с инерционным приводом.

По способу подвода энергии различают локомотивы с питанием от внешнего источника (через контактный провод или кабель); с автономным источником питания (аккумуляторные батареи, дизельный двигатель); с комбинированным питанием (аккумуляторно-контактным или кабельно-контактным).

По исполнению различают локомотивы нормального рудничного (РН) исполнения; рудничного исполнения повышенной надежности (РП); рудничного взрывобезопасного исполнения (РВ).

По сцепному весу локомотивы разделяют на легкие (до 50 кН), средние (от 50 до 140 кН) и тяжелые (свыше 140 кН).

При строительстве подземных сооружений наибольшее распространение получили электровозы аккумуляторные (рис. 7.1, а) и контактные (рис. 7.1, б). В выработках рудных и угольных шахт, не опасных по газу или пыли, допускается применение контактных электровозов в исполнении РН, которые по сравнению с аккумуляторными электровозами обладают большей удельной мощностью и скоростью перемещения, более высоким коэффициентом тяги (отношение тягового усилия к сцепному весу), значительно меньшими эксплуатационными расходами. В выработках со свежей струей воздуха шахт I и II категорий допускается применение контактных электровозов с двумя токоприемниками для уменьшения искрообразования.

Аккумуляторные электровозы в исполнении РП, согласно ПБ, применяют во всех выработках шахт I и II категории по газу или опасным по пыли, а также в откаточных выработках со свежей струей воздуха шахт III категории и сверхкатегорных по газу.

В выработках с исходящей струей воздуха и в подготовительных выработках, проветриваемых вентиляторами местного проветривания, шахт III категории и сверхкатегорных применение электровозов в исполнении РП допускается с разрешения технического директора производственного объединения.

Во всех выработках шахт, опасных по газу или пыли, должны применяться аккумуляторные электровозы в исполнении РВ. В выработках с исходящей струей воздуха и в подготовительных выработках, проветриваемых вентиляторами местного проветривания, шахт III категории, сверхкатегорных по газу и опасных по внезапным выбросам, на электровозах должны предусматриваться переносные автоматические приборы контроля содержания метана.

На отечественных угольных шахтах 70% от общего локомотивного парка составляют аккумуляторные электровозы и почти 30% — контактные. В рудных шахтах почти всегда применяют контактные электровозы.

Нашей промышленностью серийно выпускаются аккумуляторные электровозы АК-2У; 4,5АРП-2М и 5АРВ2 (последние две мо-



дели заменяются электровозами АРП7 и АРВ7), АМ8Д, 2АМ8Д, АРП10 и АРП14 и контактные электровозы 4КР, 7КР1У, К10 и К14.

В аккумуляторных электровозах буквы АРВ обозначают аккумуляторный рудничный взрывобезопасный, АРП — то же, повышенной надежности. Цифры, стоящие перед или после буквенного обозначения, указывают массу электровоза в тоннах. В электровозах АМ8Д и 2АМ8Д буквы АМД обозначают: аккумуляторный, модернизированный, массой 8 т, Дружковского машиностроительного завода им. 50-летия Советской Украины. Цифра 2, стоящая перед буквенным обозначением, указывает на то, что электровоз состоит из двух спаренных в единый агрегат секций с общей массой  $2 \times 8$  т. В электровозах типажного ряда К10 и К14 буква К обозначает контактный, а цифра указывает массу в тоннах.

Для откатки тяжеловесных составов применяют также электровозы К28 (два электровоза К14) и АРП28 (два электровоза АРП14).

Область применения электровозов по сцепному весу для откатки горной массы при проведении горных выработок зависит от площади поперечного сечения выработки, грузопотока, дальности транспортирования.

При строительстве угольных шахт наибольшее распространение получили электровозы АМ8Д, в отдельных случаях при проведении ходков и камер околоствольного двора используют электровозы АК-2У и 4,5АРП2М. При строительстве и реконструкции рудных шахт применяют в основном контактные электровозы К10 и К14.

Взамен аккумуляторных электровозов в исполнении РП для магистральной откатки разработаны образцы высокочастотных бесконтактных электровозов, в которых энергия от подстанции к тяговому электродвигателям передается электромагнитной индукцией через подвешенные изолированные кабели и энергоприемник, установленный на бесконтактном электровозе. Кабели питаются от высокочастотного генератора переменным током частотой 5 кГц. Ток, индуцируемый энергоприемником, представляющим собой приемный контур, преобразуется установленным на электровозе полупроводниковым кремниевым выпрямителем и поступает к тяговым электродвигателям постоянного тока. Преимущество высокочастотного электровоза — взрывобезопасность, отсутствие аккумуляторного хозяйства, безопасность прикосновения к кабелям. Созданы опытные образцы высокочастотных электровозов типа В10 и В14 со сцепным весом соответственно 100 и 140 кН.

Для отечественных угольных шахт созданы дизелевозы, которые разрешается применять по главным, откаточным и вентиляционным выработкам, опасным по газу или пыли, как на свежей, так и на исходящей струе воздуха. Дизелевоз Д8 со сцепным весом 80 кН снабжен четырехтактным дизелем с водяным охлаж-

дением, от которого движение на обе колесные пары передается через трехскоростную реверсивную коробку передач, распределительный редуктор, карданные валы и осевые конические редукторы. Для очистки и охлаждения выхлопных газов дизелевоз оборудован комбинированным нейтрализатором.

Дизелевозы получили распространение в ряде зарубежных стран в основном для магистральной откатки полезных ископаемых.

На отечественных угольных шахтах используются гировозы, приводящиеся в движение энергией, аккумулированной вращающимся маховиком, установленным на локомотиве. Раскручивание маховика производится от пневмодвигателя, подключаемого периодически к пневмосети. Передача энергии от маховика к колесным парам осуществляется через зубчатую и цепную передачи.

Гировозы ГР4 и ГР5 имеют сцепной вес соответственно 57 и 59 кН. Их используют для транспортирования материалов, оборудования, породы для закладки по вентиляционным выработкам шахт, сверхкатегорных по газу и пыли.

## 7.2. Устройство электровозов

Электровоз включает в себя механическое оборудование, в которое входят рама, ходовая часть, рессорное подвешивание, тормозная система, песочная система, пневмооборудование, и электрическое оборудование, состоящее из тяговых двигателей, источника питания и пускорегулирующей аппаратуры (см. рис. 7.1). Оборудование контактных и аккумуляторных электровозов принципиально одинаково, за исключением источника питания и подвода энергии.

*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.

Рессорная подвеска (рис. 7.2) смягчает удары при прохождении колес электровоза по стыкам рельсов и стрелочным переводам. На электровозах применяют индивидуальную и балансирную системы рессорного подвешивания. При индивидуальной подвеске рама опирается на каждую буксу через индивидуальную рессору, а при балансирной подвеске рессоры объединены

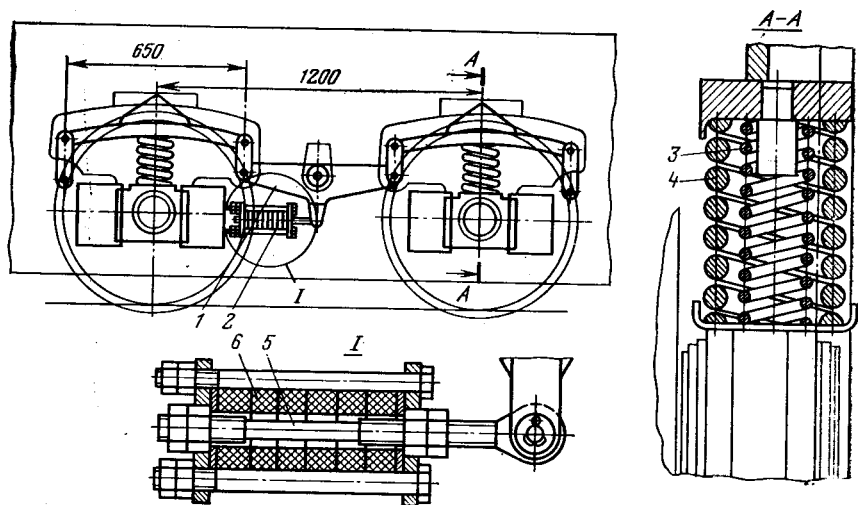


Рис. 7.2. Рессорная подвеска рамы электровоза К10:

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

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. 7.3). Наибольшее распространение получили механические системы с тормозными колодками, снабженные ручным или пневматическим приводом.

В тяжелых электровозах механическая тормозная система дополнительно включает рельсовый электромагнитный тормоз, представляющий собой электромагнит постоянного тока с башмаками, прижимаемыми при торможении к головке рельсов.

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.

Электровозы со сцепным весом 100 кН и более оснащены пневмосистемой, компрессор 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

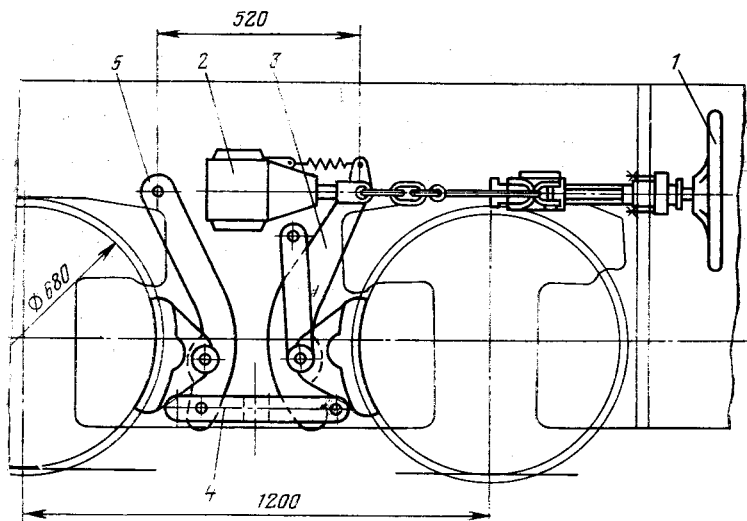


Рис. 7.3. Тормозная система электровоза К10:

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

и электрическая цепи заблокированы 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 электромеханической характеристике (рис. 7.4), показывающей зависимость тилы тяги  $F$  на обode ведущих колес (взамен вращающего момента на валу двигателя), скорости движения электровоза  $v$  (взамен частоты вращения вала двигателя) и к. п. д.  $\eta$  от тока двигателя  $I$ .

Номинальным режимом работы тяговых двигателей считают часовой режим, при котором допускаемая температура обмоток двигателя достигается через час его работы. В характеристике

двигателя указываются часовая сила тяги  $F_{\text{час}}$ , часовая скорость  $v_{\text{час}}$  и часовой ток  $I_{\text{час}}$ . Длительному режиму соответствует такой ток  $I_{\text{дл}}$ , 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. До настоящего времени была наиболее распространена реостатная схема управления. 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.

Наиболее экономична схема управления с использованием тиристорно-импульсных преобразователей, которая обеспечивает плавный пуск и регулирование скорости без потерь, повышение надежности электрооборудования за счет устранения контактной коммутационной и пускорегулирующей аппаратуры, повышение пускового тягового усилия, которое ограничивается только предельным значением коэффициента сцепления колес электровоза с рельсами.

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.

На аккумуляторных электровозах используют щелочные железоникелевые аккумуляторные батареи, расположенные внутри батарейного ящика с внутренним изоляционным покрытием. Ба-

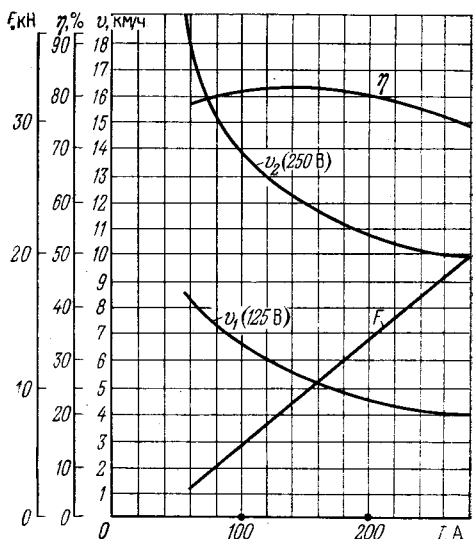


Рис. 7.4. Электромеханическая характеристика тягового двигателя электровоза К10

тарей друг с другом соединяют последовательно и присоединяют к электрической цепи электровоза штепсельным разъемом во взрывобезопасном исполнении. Батарейные ящики для электровозов в исполнении РП имеют вентиляционные отверстия, а в исполнении РВ — катализаторы для удаления водорода путем беспламенного дожигания (окисления).

Щелочные аккумуляторные батареи по сравнению с кислотными свинцовыми обладают такими преимуществами, как большая механическая прочность и выносливость, простота и безопасность в эксплуатации, больший срок службы. Однако щелочные батареи имеют меньшее разрядное напряжение, меньшую энергоемкость, и поэтому габариты щелочных батарей при прочих равных условиях больше кислотных.

Основным параметром аккумуляторных батарей является емкость в ампер-часах. Согласно типовому ряду, батареи для рудничных электровозов имеют емкость 250; 300; 450; 500; 550 и 650 А·ч.

Отечественная промышленность для рудничных электровозов выпускает щелочные аккумуляторные батареи типа ТНЖШ (тяговая никельжелезная шахтная). Батарея имеет условное обозначение, например 126ТНЖШ-550П-У. Цифры перед буквенным обозначением указывают на количество аккумуляторных элементов в батарее, а после — емкость в ампер-часах. Стоящие после цифрового обозначения емкости буквы обозначают: П — пластмассовый бак элемента; У — климатическое исполнение (в данном примере для районов с умеренным климатом).

### 7.3. Зарядные и тяговые подстанции, тяговая сеть

Каждый аккумуляторный электровоз комплектуется минимум двумя батарейными ящиками, один из которых находится на электровозе в работе, а другой — на зарядке.

Зарядку аккумуляторных батарей производят полупроводниковыми зарядными устройствами типа ЗУГ и УЗА, снабженными системами автоматической стабилизации зарядного тока.

Зарядные устройства на действующих и реконструируемых шахтах располагают в подземных депо, представляющих собой комплекс камер соответственно для зарядной и тяговой подстанций и ремонтной мастерской. Камера, где расположены зарядные устройства, должна проветриваться обособленной струей свежего воздуха. Для перестановки аккумуляторных батарей с электровоза на зарядные столы и обратно используют мостовые краны, располагаемые в зарядных камерах.

При строительстве шахты в переходный период зарядку аккумуляторных батарей обычно выполняют на поверхности. Заряженные батареи, спущенные по клетевому стволу, устанавливаются на платформы и доставляют до электровозов.

Во второй основной период строительства шахты, если еще нет постоянной зарядной камеры, зарядку батарей в шахте на под-

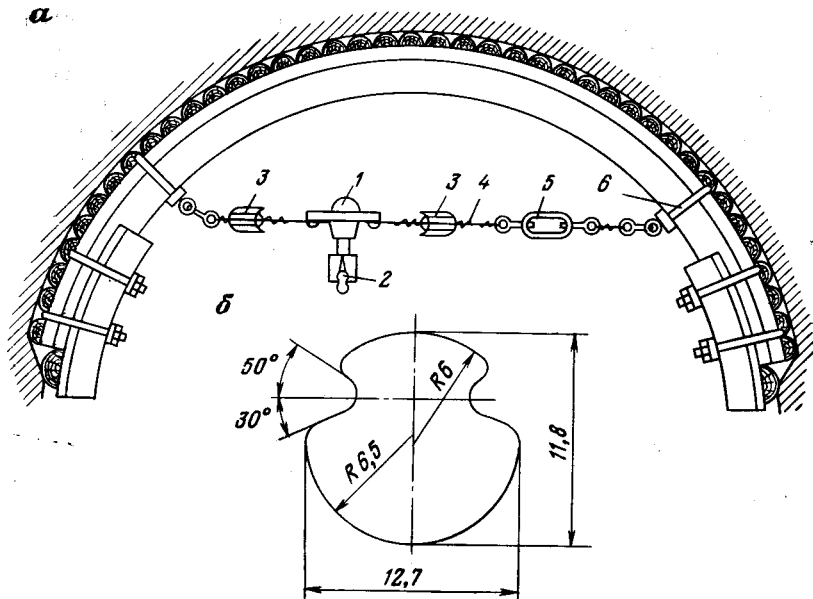


Рис. 7.5. Схема подвески (а) и сечение контактного провода (б):

1 — подвес; 2 — зажим; 3 — изолятор; 4 — оттяжка; 5 — натяжная муфта; 6 — хомут

готовавливаемом горизонте производят во временных выработках, в постоянных камерах другого назначения.

Постоянные зарядные камеры обычно располагают за пределами околоствольного двора и оборудуют после проведения значительного объема горных выработок, а потому постоянные зарядные подстанции практически можно использовать только в конце второго основного периода строительства шахты.

Питание контактного электровоза осуществляется через токосъемник от тяговой сети, соединенной питающим кабелем с положительной шиной тяговой выпрямительной подстанции. Отрицательная шина подстанции соединена отсасывающим кабелем с рельсами, которые выполняют роль обратного провода.

Основным типом преобразовательной установки является автоматизированная тяговая подстанция типа АТП на полупроводниковых кремниевых вентилях, обеспечивающая преобразование трехфазного переменного тока промышленной частоты в постоянный. На угольных и рудных шахтах напряжение постоянного тока тяговой сети составляет 250 В.

Контактный провод тяговой сети, изготовленный из чистой меди, имеет фасонную форму со стандартным сечением 65, 85 и 100 мм<sup>2</sup> (рис. 7.5, б). Подвеску контактного провода выполняют эластичной на изолированных оттяжках (рис. 7.5, а), что обеспечивает надежный контакт провода с токосъемником электровоза. Высота подвески контактного провода должна быть не менее 2 м

от головки рельса. На пересечениях выработок контактный провод подвешивают жестко.

Для обеспечения надежной работы тяговой сети и удобства ее обслуживания контактный провод секционируют на отдельные участки длиной 500 м секционными разъединителями и изоляторами. Питание каждого участка производится от отдельного кабеля.

При небольшой длине откатки используют централизованную систему питания, при которой тяговая сеть откаточного горизонта питается от подстанции, расположенной в околоствольном дворе. При большой длине откатки, когда возможно недопустимое падение напряжения в тяговой сети, используют децентрализованную систему питания, при которой тяговая сеть откаточного горизонта разбита на участки, получающие питание от отдельных подстанций.

Один раз в месяц бригада электрослесарей производит ремонтный осмотр тяговой сети, включающий электрические и механические испытания, очистку подвесной арматуры. Контактный провод заменяют, если его износ превысил 20—30%, в зависимости от сечения провода. Все работающие на тяговой сети должны надевать резиновые перчатки, а при подъеме контактного провода с почвы — обуты в резиновые боты. При выполнении ремонтных работ на тяговой сети необходимо обязательно снять напряжение в сети.

#### 7.4. Тяговое усилие и торможение локомотива

В локомотивах передача тягового усилия возникает при сцеплении (взаимодействии) приводных колес с рельсами.

Примем приводные колеса локомотива и рельсы бесконечно жесткими и рассмотрим передачу силы тяги приводным колесом при его взаимодействии с рельсом (рис. 7.6). Момент  $M_{вр}$  от тягового двигателя представим парой сил  $F_k$  и  $F'_k$ , приложенных в точках  $A$  и  $O$  и действующих по часовой стрелке. Колесо прижато к опоре силой  $P'_k$ .

Так как под действием пары сил колесо стремится повернуться относительно оси  $O$ , то возникает при этом сила  $F_{кас}$  (Н), приложенная к ободу колеса, которая является силой тяги, вызывающей поступательное перемещение оси колеса. Силу  $F_{кас}$  направленную по касательной к поверхности колеса и приложенную в точке касания приводного колеса с опорой, называют *касательной силой тяги*.

Максимальная касательная сила тяги (Н), передаваемая приводным колесом, ограничивается

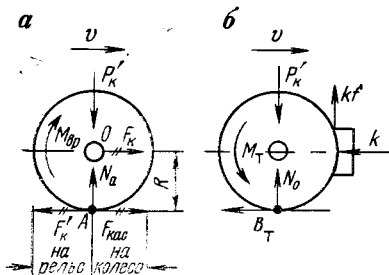


Рис. 7.6. Схемы для определения тягового (а) и тормозного усилия (б)



моментом  $M_{вр}$  или силой сцепления колеса с опорой. Исходя из максимальной величины момента  $M_{вр.мах}$ ,

$$F_{кас.мах} = M_{вр.мах}/R,$$

где  $R$  — радиус колеса, м.

Исходя из величины силы сцепления колеса с опорой (Н),

$$F_{кас.мах} = \psi P'_к,$$

где  $\psi$  — коэффициент сцепления колеса с опорой.

Если касательная сила тяги по величине превзойдет силу сцепления колеса с опорой ( $F_{кас} > \psi P'_к$ ), то колесо начнет буксовать.

Суммарная касательная сила тяги  $F$  транспортной установки (Н)

$$F = \psi \sum P'_к = 1000 \psi P_{сц},$$

где  $P_{сц}$  — сцепной вес или суммарный вес, приходящийся на приводные колеса, который обычно выражают в кН.

В шахтных локомотивах все колеса являются приводными, поэтому сцепной вес равен общему весу локомотива. Коэффициент сцепления  $\psi$  колес с рельсами в зависимости от их состояния, например загрязненные влажные или сухие с подсыпкой песка, изменяется в пределах 0,09—0,25.

Торможение приводного колеса осуществляется либо двигателем, либо механическими тормозами. Тормозная сила  $B_t$  (Н) ограничивается силами сцепления колеса с опорой:

$$B_t = \psi P'_к.$$

При торможении механическими тормозами (рис. 7.6, б) тормозная сила (Н)

$$B_t = Kf,$$

где  $K$  — сила нажатия тормозной колодки, Н;  $f$  — коэффициент трения колодки по ободу колеса.

Максимальная тормозная сила транспортной установки (Н)

$$B_{t.мах} = f \sum K = 1000 \psi P_{тор},$$

где  $P_{тор}$  — тормозной вес или суммарный вес транспортной установки, приходящаяся на колеса, снабженные тормозами, кН.

Если суммарная тормозная сила по величине превзойдет силу сцепления тормозных колес с опорами ( $B_t > 1000 \psi P_{тор}$ ), то возникает движение юзом, т. е. транспортная установка перемещается поступательно с застопоренными колесами, что является нежелательным, так как это влечет за собой усиленный износ колес и потерю управляемости машиной.

## 7.5. Эксплуатационный расчет локомотивного транспорта

Основная задача расчета локомотивного транспорта — определение числа вагонеток в составе, скорости движения составов на

отдельных участках пути, потребного числа вагонеток и электровозов, пропускной способности электровозного транспорта и расхода энергии.

Исходными данными для расчета являются план и профиль рельсовых путей и их состояние, категория шахты по газу или пыли, площадь сечения проводимых выработок, производительность подготовительных забоев по горной массе или погрузочных пунктов, тип и характеристика электровоза и вагонеток, схема организации откатки и другие параметры.

При проведении откаточных выработок строящейся шахты продольный профиль рельсового пути  $i = 0,003 \div 0,005$ . В условиях действующей шахты фактический профиль принимают по данным маркшейдерской съемки.

Если по трассе движения состава на отдельных ее участках профиль рельсового пути меняет уклон, то необходимо производить спрямление профиля.

Спрямленный средневзвешенный уклон.

$$i_c = (i_1 l_1 + i_2 l_2 + \dots + i_n l_n) / (l_1 + l_2 + \dots + l_n),$$

где  $i_1, i_2, i_n$  — уклон каждого участка пути;  $l_1, l_2, l_n$  — длина каждого участка пути, м.

Спрямлению не подлежат: элементы профиля с противоположными знаками; уклоны и кривые на остановочных пунктах; преобладающий уклон  $i_n$ , которым считается наибольший по величине уклон протяженностью более 200 м, но не менее суммы длины состава и длины тормозного пути. Если на маршруте движения имеются несколько преобладающих уклонов, то они не спрямляются и все учитываются в расчетах, причем расчетным считается наибольший. Если же на маршруте отсутствует преобладающий уклон, то расчетным является спрямленный уклон  $i_c$ .

Если электровозы не закреплены за маршрутами и составами и только на части маршрутов имеются преобладающие уклоны, то расчет для каждого маршрута с преобладающим уклоном выполняют отдельно. Маршруты, на которых отсутствуют преобладающие уклоны, объединяют в расчетные схемы со значениями средневзвешенных уклонов и средневзвешенной длины откатки (м):

$$l_c = (l_1 Q_1 + l_2 Q_2 + \dots + l_n Q_n) / (Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n),$$

где  $Q_1, Q_2, \dots, Q_n$  — грузопоток на каждом маршруте (производительность подготовительного забоя), т/смену.

Суммарный грузопоток  $Q_{\text{сум}}$  от проводимых выработок, горная масса из которых поступает на откаточную выработку, (т/смену)

$$Q_{\text{сум}} = \sum \Omega_{\text{пр}} \gamma v_{\text{пр}},$$

где  $\Omega_{\text{пр}}$  — площадь сечения выработки в проходке, м<sup>2</sup>;  $\gamma$  — плотность породы в массиве, т/м<sup>3</sup>;  $v_{\text{пр}}$  — скорость проведения выработки, м/смену.

Сила тяги  $F$  (Н) электровоза (без учета сопротивления воздушной среды и на криволинейных участках) определяется по формуле (2.17):

$$F = [z(G + G_0) + P]g(\omega_0 \pm i + 108a) \leq 1000Pg\psi, \quad (7.1)$$

где  $z$  — количество вагонеток в составе;  $G$  и  $G_0$  — соответственно масса груза и вагонетки, т;  $P$  — масса электровоза, т;  $\psi$  — коэффициент сцепления тяговых колес электровоза с рельсами;  $\omega_0$  — основное удельное сопротивление движению поезда, Н/кН;  $i$  — уклон пути, ‰;  $a$  — ускорение или замедление поезда, м/с<sup>2</sup>.

Из уравнения (7.1) можно определить массу прицепной части поезда (т)

$$G_{п.} = z(G + G_0) = P[1000\psi/(\omega_0 \pm i + 108a) - 1]. \quad (7.2)$$

Допустимую массу прицепной части поезда  $G_{п.}$  (т) определяют исходя из следующих условий: трогания с места, обеспечения сцепления колес электровоза с рельсами при установившемся движении при минимальном коэффициенте сцепления  $\psi$ ; нагрева тяговых двигателей; обеспечения длины тормозного пути в пределах допускаемого ПБ при движении груженого состава вниз на преобладающем уклоне. Окончательную массу поезда принимают по наименьшему из полученных значений.

Масса прицепной части груженого поезда (т) при движении под уклон

$$G_{п.г} = z(G + G_0) = P[1000\psi_{тр}/(\omega_{г.} - i_0 + 108a_{\min}) - 1]; \quad (7.3)$$

порожнего поезда на подъем

$$G_{п.п} = zG_0 = P[1000\psi_{тр}/(\omega_{п.} + i_c + 108a_{\min}) - 1], \quad (7.4)$$

где  $\psi_{тр}$  — коэффициент сцепления колес электровоза при подсыпке песка на рельсы (табл. 7.1);  $\omega_{г.}$  и  $\omega_{п.}$  — удельное сопротивление соответственно груженого и порожнего состава, Н/кН (табл. 7.2);

$i_c$  — уклон пути, ‰;  $a_{\min} = 0,03$  м/с<sup>2</sup> — минимальное ускорение при трогании.

Таблица 7.1

Состояние поверхности рельсов	Коэффициент сцепления $\psi_{тр}$	
	при отсутствии подсыпки песка	при подсыпке песка
<b>Угольные и сланцевые шахты</b>		
Покрытые жидкой грязью	0,09—0,10	0,14
Мокрые чистые	0,10—0,12	0,16
Сухие чистые	0,17—0,18	0,20
<b>Железородные шахты</b>		
Покрытые жидкой грязью:		
с глинистыми примесями	0,11—0,12	0,15
без глинистых примесей	0,18—0,20	0,18
Сухие чистые	0,21—0,22	0,22
Сухие, покрытые железородной пылью	0,24—0,25	0,23

Таблица 7.2

Вместимость кузова вагона, м <sup>3</sup>	Удельное сопротивление движению поезда, Н/кН				
	порожного $\omega_{п}$	груженого $\omega_{г}$ при насыпной плотности груза, т/м <sup>3</sup>			
		0,8—1,4	1,5—2,1	2,2—3,2	3 и более
0,8—1,6	11	9	8	7	6,5
2,2—2,5	10	8	7	6	5,5
3,3—4,0	8	6	5,5	5	4,5
5,6—8,0	7	5,5	5	4,5	4
10	6	4,5	4	3,5	3

Масса прицепной части груженого поезда ( $t$ ) при равномерном движении

$$G'_{п.г} = P [1000\psi / (\omega_{г} - i_c) - 1] \quad (7.5)$$

и порожнего поезда ( $t$ )

$$G_{п.п} = P [1000\psi / (\omega_{п} + i_c) - 1]. \quad (7.6)$$

Предварительно выбранную массу поезда необходимо проверить по условиям нагрева двигателей и торможения.

Критерием проверки массы поезда по нагреву двигателей является величина эффективного тока  $I_{эф}$  (А), значение которого не должно превышать значения длительного тока  $I_{дл}$  (А), т. е.  $I_{эф} \leq I_{дл}$ , причем  $I_{дл} = (0,4 \div 0,45) I_{час}$ .

Для одного рейса

$$I_{эф} = \alpha_3 \sqrt{I_{г}^2 t_{г} + I_{п}^2 t_{п}} / t_p, \quad (7.7)$$

где  $I_{г}$ ,  $t_{г}$ ,  $I_{п}$ ,  $t_{п}$  — соответственно токи (А) двигателя и время (мин) при движении груженого и порожнего состава;  $t_p$  — продолжительность рейса, мин;  $\alpha_3$  — коэффициент, учитывающий нагрев двигателей при выполнении маневровых операций. Для контактных электровозов  $\alpha_3 = 1,15 \div 1,3$ , для аккумуляторных  $\alpha_3 = 1,05 \div 1,15$ .

Время одного рейса (мин)

$$t_p = t_{г} + t_{п} + \theta,$$

где  $\theta$  — продолжительность пауз, включающая время на выполнение маневровых работ, время погрузки, разгрузки и простоев, (мин)

Время движения груженого и порожнего составов (мин.)

$$t_{г} = 60l / k_{г} v_{г}; \quad t_{п} = 60l / k_{п} v_{п}, \quad (7.9)$$

где  $v_{г}$  и  $v_{п}$  — установившаяся скорость движения груженого и порожнего состава, км/ч;  $k_{г} = 0,75$  и  $k_{п} = 0,8$  — коэффициенты, учитывающие снижение скорости в периоды разгона и торможения.

Значения скоростей  $v_{\Gamma}$  и  $v_{\Pi}$ , а также токов  $I_{\Gamma}$  и  $I_{\Pi}$  определяют по электромеханической характеристике тягового двигателя электровоза по силе тяги  $F_{\Gamma}'$  (Н) в грузовом и  $F_{\Pi}'$  (Н) порожняковом направлениях, приходящейся на один двигатель:

$$F_{\Gamma}' = \frac{1}{n_{\text{дв}}} [P + z(G + G_0)] g (\omega_{\Gamma} - i_c); \quad (7.10)$$

$$F_{\Pi}' = \frac{1}{n_{\text{дв}}} (P + zG_0) g (\omega_{\Pi} + i_c), \quad (7.11)$$

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

Если после определения  $I_{\text{эф}}$  по формуле (7.7) окажется, что  $I_{\text{эф}} > I_{\text{дл}}$ , то следует уменьшить число вагонеток поезда до такого, при котором удовлетворилось бы условие  $I_{\text{эф}} \leq I_{\text{дл}}$ .

Экстренная остановка в пределах допустимой длины тормозного пути, т. е. пути от начала торможения до полной остановки, обеспечивается допустимой скоростью движения  $v_{\text{доп}}$  (км/ч) для груженого состава на наибольшем руководящем уклоне.

Замедление  $a_{\Gamma}$  (м/с<sup>2</sup>) при торможении с полной остановкой состава

$$a_{\Gamma} = -v_{\text{н}}^2 / 2l_{\Gamma}, \quad (7.12)$$

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

При торможении поезда уравнение движения (7.1) примет следующий вид:

$$(\omega_0 \pm i - 108v_{\text{н}}^2) / 2l_{\Gamma} + b = 0. \quad (7.13)$$

Подставив в уравнение (7.13) значение удельного тормозного усилия (Н/кН)

$$b = B_{\Gamma \text{max}} / g (P + G_{\text{п.г}}) = 1000P\psi_{\Gamma} g / (P + G_{\text{п.г}}) g, \quad (7.14)$$

получим

$$v_{\text{н}} = \sqrt{\{1000P\psi_{\Gamma} / [P + z(G + G_0)] + \omega_0 \pm i\} l_{\Gamma} / 54}.$$

Значение коэффициента сцепления  $\psi_{\Gamma}$  принимают по табл. 7.1. Допустимая скорость движения груженого состава (км/ч) на преобладающем уклоне

$$v_{\text{доп.г}} = k \sqrt{1000P\psi_{\Gamma} / [P + z(G + G_0)] + \omega_{\Gamma} - i_{\text{п}}}, \quad (7.15)$$

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

При  $l_{\Gamma} = 40$  м  $k = 2,7$ , при  $l_{\Gamma} = 80$  м  $k = 3,96$  \*.

\* Согласно ПБ, на преобладающем уклоне при перевозке грузов  $l_{\Gamma} = 40$  м, а при перевозке людей  $l_{\Gamma} = 20$  м. В отдельных случаях для прямолинейных выработок с выдержанным продольным профилем, по которым запрещено хождение людей, допускается по согласованию с органами Госгортехнадзора принимать  $l_{\Gamma} = 80$  м.

Действительную скорость движения поезда определяют по электромеханической характеристике тягового двигателя электровоза с учетом формул (7.10) и (7.11).

Таким образом, из полученных значений прицепной массы поезда по условиям трогания, сцепления колес электровоза с рельсами при равномерном движении, нагрева двигателей и торможения выбирают наименьшие.

Необходимое число электровозов определяют следующим образом. Число рейсов одного электровоза в смену

$$n_p = (t_{см} - t_1)/t_p, \quad (7.16)$$

где  $t_{см}$  — продолжительность смены, мин;  $t_1$  — продолжительность подготовительно-заключительных операций и отдыха машиниста, смены батарей. Для аккумуляторных электровозов  $t_1 = 50$  мин, для контактных электровозов  $t_1 = 30$  мин.

Необходимое число рейсов в смену для вывоза горной массы при суммарном сменном грузопотоке  $Q_{см}$  (т/смену)

$$n_r = k_n Q_{см} / zG, \quad (7.17)$$

где  $k_n$  — коэффициент часовой неравномерности работы локомотивного транспорта. При отсутствии аккумулирующих емкостей на погрузочном пункте для угольных и рудных шахт  $k_n = 1,5$ , при использовании перегружателя в подготовительном забое и погрузочной машины непрерывного действия  $k_n = 1,25 \div 1,3$ .

Суммарное необходимое число рейсов в смену

$$n_c = n_r + n_m, \quad (7.18)$$

где  $n_m$  — потребное число рейсов в смену для перевозки материалов и людей.

По данным ВНИИОМШСа, на каждый проходческий забой можно ориентировочно принимать  $n_m = 4$  (два рейса — доставка материалов; один — доставка людей; один — доставка ВВ).

Необходимое число рабочих электровозов

$$N_p = n_c k_n / n_p, \quad (7.19)$$

где  $k_n$  — коэффициент использования электровоза во времени. В условиях шахтного строительства  $k_n = 0,6 \div 0,7$ .

Полученные значения  $N_p$  для отдельных маршрутов суммируют и округляют.

Инвентарное (списочное) количество электровозов

$$N_n = N_p + N_{рез}, \quad (7.20)$$

Резервное число электровозов  $N_{рез}$  принимают исходя из следующих нормативов: при  $N_p = 3$   $N_{рез} = 0$ ; при  $N_p = 4 \div 6$   $N_{рез} = 1$  и при  $N_p = 7 \div 12$   $N_{рез} = 2$ .

Сменная производительность одного электровоза (т·км/смену)

$$Q_{эл} = Q_{см} L / N_p, \quad (7.21)$$

где  $L$  — длина пробега электровоза за смену, км.

Необходимый парк вагонеток

$$z_{в.п} = 1,25(zN_p + z_{в.м}), \quad (7.22)$$

где  $z_{в.м}$  — число вагонеток, занятых на транспорте вспомогательных материалов, доставляемых в подготовительный забой.

Расход энергии на один рейс, отнесенный к колесам электровоза (МДж)

$$\mathcal{E} = (F_r L_r + F_{п} L_{п}) \cdot 10^3, \quad (7.23)$$

где  $F_r$  и  $F_{п}$ ,  $L_r$  и  $L_{п}$  — сила тяги (Н) и длина пробега (км) соответственно в грузовом и порожнем направлениях.

Расход энергии для контактных электровозов (МДж), отнесенный к шинам подстанции:

$$\mathcal{E}_{цп} = \mathcal{E} / \eta_s \eta_c \eta_{п}, \quad (7.24)$$

где  $\eta_s = 0,6$ ;  $\eta_c = 0,95$  и  $\eta_{п} = 0,93$  — к. п. д. соответственно электровоза, тяговой сети и подстанции.

Расход энергии (МДж) для аккумуляторных электровозов

$$\mathcal{E}_{цп} = \mathcal{E} / \eta_s \eta_{эн} \eta_{з.у}, \quad (7.25)$$

где  $\eta_{эн} = 0,47$  — энергетический к. п. д. аккумуляторных батарей;  $\eta_{з.у} = 0,95$  — к. п. д. зарядного устройства.

Удельный расход энергии за смену, МДж/(т·км)

$$\mathcal{E}_{уд} = \mathcal{E}_{цп} / zGL. \quad (7.26)$$

Общий расход энергии за смену, МДж

$$\mathcal{E}_{см} = \mathcal{E}_{уд} Q_{см} L. \quad (7.27)$$

Возможное число рейсов аккумуляторного электровоза без замены батарей

$$n_{р.а} = 3,6 \cdot 10^{-3} C_6 U_6 \eta_s / \mathcal{E}, \quad (7.28)$$

где  $C_6$  — разрядная емкость батареи, А·ч;  $U_6$  — разрядное напряжение, В. Если  $n_{р.а} < n_p$ , то следует уменьшить число вагонеток в составе.

Потребное число аккумуляторных батарей принимается из расчета: две батареи на каждый инвентарный электровоз плюс одна резервная батарея на каждые 10 работающих батарей.

Необходимое число зарядных столов равно числу инвентарных электровозов плюс дополнительно 2—4 стола. Число зарядных устройств принимают равным числу зарядных столов.

Для строительства крупных шахт с большим числом подготовительных забоев и сложной схемой транспортирования горной массы и вспомогательных грузов расчет локомотивной откатки производят на микроЭВМ.

## 7.6. Организация, автоматизация и эксплуатация локомотивного транспорта

Правильная и четкая организация локомотивного транспорта при проведении горных выработок позволяет снизить трудоемкость и

стоимость уборки породы и доставки ее из подготовительного забоя до ствола. Основными задачами организации работы локомотивного транспорта являются: своевременное и бесперебойное обслуживание подготовительных забоев; обмен вагонеток в призабойной зоне с помощью локомотивов; формирование составов на разминовках и транспортирование горной массы до ствола; прием вагонеток в околоствольном дворе, их разгрузка; формирование и отправление порожних составов к подготовительным забоям.

Организация работы локомотивного транспорта в подготовительном забое зависит от способа обмена вагонеток, типа и удаленности разминовки от забоя, наличия перегружателя. При обмене одиночных вагонеток без перегружателя значительное время затрачивается на маневровые операции по обмену вагонеток. Время обменно-транспортных операций существенно влияет на стоимость проведения выработок. При использовании перегружателя длиной 35—45 м возможна непрерывная загрузка состава вагонеток (10—12 вагонеток типа ВГ-3,3).

При использовании проходческого комбайна и консольного ленточного перегружателя в забое проводимой выработки осуществляется следующая организация погрузочно-транспортных работ, которые выполняют два проходчика: один следит за полнотой загрузки вагонеток, подает сигналы на протягивание состава вагонеток под перегружателем, устанавливает межвагонеточный переключатель, а другой, имея права машиниста, управляет электровозом. Во время установки крепи производят откатку состава груженых вагонеток и к началу нового проходческого цикла под стрелой перегружателя обеспечивают наличие порожних вагонеток. Обычно с рейсом порожних вагонеток доставляют на разминовку крепежные материалы.

При проведении горных выработок возможны два варианта организации локомотивного транспорта:

с разделением локомотивов на забойные и магистральные, т. е. за подготовительным забоем в течение смены закреплен локомотив, участвующий в обменных операциях при погрузке породы, формировании состава на забойной разминовке и транспортировании груженого состава от разминовки до магистральной выработки. По магистральным выработкам перемещение составов груженых и порожних вагонеток до ствола и обратно осуществляется магистральными локомотивами;

без разделения, т. е. транспортирование составов вагонеток от забойной разминовки до ствола и обратно осуществляется локомотивами, а обмен вагонеток в забое производят маневровыми лебедками.

Институтом ВНИИОМШС были проведены исследования по выбору рациональной организации локомотивной откатки при проведении горных выработок в угольных шахтах и установлено, что наиболее существенно сказывается выбор того или иного варианта организации откатки при проведении однопутных горизонтальных



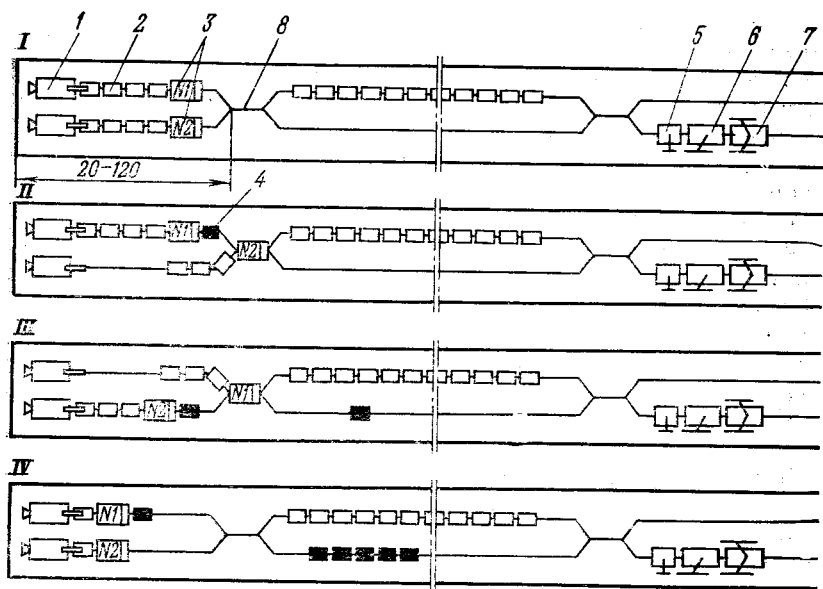


Рис. 7.7. Схема обмена вагонеток с помощью симметричного стрелочного перевода двумя электровозами:

1 — погрузочная машина 1ППН5; 2 — порожняя вагонетка; 3 — электровоз аккумуляторный; 4 — груженная вагонетка; 5 — тубин角度ккладчик; 6 и 7 — бурильные установки; 8 — стрелочный перевод симметричный; I, II, III и IV — положения вагонеток и электровозов в процессе обмена

выработок значительной протяженности, так как обмен вагонеток в таких выработках осуществляется с помощью разминок.

Выбор рационального шага переноса разминки следует производить в зависимости от заданной скорости проведения выработки и способа обмена вагонеток в забое. Так, например, при скорости проходки свыше 125 м/мес шаг переноски разминки составляет 70 м, при меньших скоростях проходки — до 100 м. При расположении разминки на расстоянии до 70 м от забоя обмен вагонеток можно осуществлять маневровыми лебедками, при больших расстояниях — локомотивами.

Целесообразно разделение локомотивов на забойные и магистральные, что позволяет увеличить шаг переноски разминки до 150 м при любых скоростях проходки, сократить число разминок и трудозатраты на уширение выработок под разминки.

При проведении двухпутных выработок площадью сечения от 18 м<sup>2</sup> в Кузнецком бассейне широко применяют одновременно работающие в забое две погрузочные машины с обменом вагонеток по челноковой схеме двумя электровозами с помощью симметричного стрелочного перевода (рис. 7.7). При такой организации работ и обмене вагонеток на загрузку одной вагонетки ВГЗ,3 погрузочной машиной 1ППН5 затрачивается около 3,5 мин, а на обмен — 3 мин.

В эксплуатируемых угольных и рудных шахтах организация локомотивного транспорта осуществляется по-разному.

На угольных шахтах при небольшом числе относительно стабильных погрузочных пунктов состав вагонеток транспортируется локомотивом только на перегонах, а перемещение вагонеток при погрузке и разгрузке производится различными маневровыми устройствами. Преимущества этого вида организации откатки — более высокий коэффициент использования локомотивов и возможность создания запаса порожних вагонеток, недостаток — использование дополнительного маневрового оборудования.

Организацию движения составов из подготовительных забоев и от погрузочных пунктов осуществляют по однозвенной или двухзвенной схеме. По двухзвенной схеме производят откатку небольшими составами от разминок подготовительных выработок или от погрузочных пунктов до сборочной разминки и большегрузными составами от сборочной разминки до околоствольного двора. Допускается формирование смешанного состава из вагонеток, груженных породой и углем. Применение двухзвенной откатки позволяет повысить ее производительность, так как обеспечивают концентрация порожних вагонеток на сборочных разминках и оперативное их распределение между подготовительными и очистными забоями.

В рудных шахтах, где преобладает большое число часто перемещаемых погрузочных пунктов, локомотив закреплен за составом и перемещает его при погрузке на перегонах и при разгрузке. Преимущество такого вида организации работ — отсутствие маневрового оборудования, недостаток — низкий коэффициент использования локомотивов.

На однопутевом откаточном участке при работе двух или трех локомотивов организацию работы осуществляют по графикам встречного движения со скрещениями, эстафетному или комбинированному. На участке длиной до 2 км с одним обменным или погрузочным пунктом организуют движение по графику со скрещениями, по которому локомотивы встречаются на путевых разминках. При большей длине участка с несколькими погрузочными пунктами целесообразнее организовать работу по эстафетному графику, в соответствии с которым откаточный участок разбивают на перегоны, число которых соответствует числу эксплуатируемых локомотивов. Каждый локомотив работает на своем перегоне, а на разминках между перегонами производится обмен составов вагонеток. При движении более трех локомотивов по участку с несколькими обменными или погрузочными пунктами организуют работу по комбинированному графику.

Организацию всеми звеньями локомотивного транспорта производят по плановому и исполнительному общешахтному графику, при соблюдении которого обеспечивается своевременная откатка горной массы из подготовительных и очистных забоев.

При большем числе локомотивов вводится автоматизация процессов откатки с помощью сигнализации, централизации и блоки-

ровки (СЦБ). Системой СЦБ называют комплекс средств; предназначенных для автоматического управления движением электровазов и выполнения различных маневровых операций.

Устройства *сигнализации* предназначены для обеспечения безопасного движения составов и подачи сигналов машинистам электровазов, устройства *централизации* — для дистанционного управления сигналами и стрелками диспетчером; устройства *блокировки* — для контроля за сигналами светофоров, положением стрелок, наличием подвижного состава.

В зависимости от степени сложности путевого развития, числа электровазов и дальности транспортирования применяют несколько систем СЦБ: автоматическая световая блокировка или путевая сигнализация без контроля за положением стрелок, которая применяется при малом числе электровазов и малой производительности; автоматическая блокировка стрелок и сигналов, переключение которых производится автоматически по команде машиниста электроваза; электрическая централизация, применяемая при сложной схеме путевого развития, позволяющая диспетчеру с аппарата управления осуществлять операции по переводу стрелок и применению сигналов светофоров.

На угольных шахтах при сложных условиях организации движения электровазного транспорта применяют автоматическую путевую сигнализацию и автоматическую блокировку стрелок и сигналов. Рельсовые пути откаточных выработок разбивают на огражденные светофорами и оборудованные путевыми датчиками блокучастки, на которые не допускается выезд состава, если участок занят, что гарантирует исключение столкновения составов. Широкое распространение получили системы СЦБ с использованием комплектов аппаратуры блокировки стрелок и сигналов на бесконтактных элементах, предназначенных для автоматического управления сигналами светофоров и приводами стрелочных переводов на блок-участках, аппаратуры высокочастотной связи диспетчера с машинистами локомотивов (типа АСТРА) и др.

На рудных шахтах широко применяют диспетчерскую систему СЦБ, автоматическую двухсветовую сигнализацию, дистанционное управление контактными электровазами под погрузочными пунктами.

Наиболее перспективна организация автоматического движения электровазов без машиниста по магистральным откаточным выработкам. В системах автоматического вождения используются передатчики, рельсовые антенны, установленные на электровазе приемники, микропроцессоры и промышленное телевидение.

Внедряемые системы автоматического вождения поездов позволяют сократить число единиц подвижного состава и численность обслуживающего персонала, повысить пропускную способность локомотивного транспорта и безопасность труда.

Организацию и управление внутришахтным рельсовым транспортом осуществляют тремя службами: движения, тяги и пути. Служба движения производит оперативное руководство работой

транспорта, служба тяги — эксплуатацию подвижного состава и всего оборудования электровозного транспорта, служба пути — укладку, содержание и ремонт рельсового пути.

Эксплуатацию локомотивного транспорта осуществляют строго в соответствии с ПБ. Находящиеся в работе локомотивы осматриваются ежедневно дежурным электрослесарем, еженедельно — начальником электровозного депо или механиком участка внутришахтного транспорта и один раз в квартал — начальником внутришахтного транспорта. Ремонтный осмотр локомотивов производят один раз в месяц, текущий ремонт — один раз в полгода; капитальный ремонт — один раз в три года.

Основные правила безопасности при эксплуатации локомотивов:

локомотив должен находиться во главе состава, расположение локомотива в хвосте состава допускается только при маневровых операциях и скорости движения до 2 м/с;

разрешается осматривать и ремонтировать электровозы только после отключения от контактного провода или аккумуляторной батареи;

запрещается эксплуатация электровоза при неисправностях буферов и сцепных устройств, неотрегулированных тормозах и других неисправностях, указанных в инструкции по эксплуатации данного типа локомотива;

запрещается перевозить людей на локомотиве, в грузовых и других вагонетках, не предназначенных специально для перевозки людей.

## 8. ОБОРУДОВАНИЕ КАНАТНОЙ ОТКАТКИ

### 8.1. Схемы и область применения канатной откатки при проведении наклонных выработок

Принцип действия канатной откатки — перемещение вагонеток по рельсовым путям тяговым канатом, приводимым в движение лебедкой или подъемной машиной.

В угольной промышленности применяют установки канатной откатки *периодического* и *непрерывного действия*. В установках периодического действия подъем вагонеток по рельсовым путям наклонной выработки с углами наклона свыше  $6^\circ$  осуществляют с помощью тягового каната, а обратное движение вниз происходит под действием силы тяжести вагонеток.

Установки канатной откатки периодического действия бывают одноконцевые, состоящие из одного каната и однобарабанной подъемной машины, и двухконцевые — из двух концевых канатов и двухбарабанной подъемной машины, которая обеспечивает одновременный спуск и подъем порожних и груженых партий вагонеток.

В установках непрерывного действия или бесконечной откатки вагонетки перемещают с помощью бесконечного каната по двух-

путной наклонной выработке. Прицепку и отцепку вагонеток производят вручную на ходу. Бесконечная откатка является устаревшим и несовершенным видом транспорта, применяется только на старых шахтах и в настоящее время заменяется конвейерным транспортом.

Преимущества концевой канатной откатки — возможность применения при больших углах наклона, волнистом профиле и искривленном в плане пути, относительно малая стоимость и сравнительно простая конструкция, возможность использования для перевозки горной массы и различных вспомогательных грузов, отсутствие узлов перегрузки горной массы при откатке в вагонетках. Недостатки — невысокая производительность, наличие ручных операций и большая трудоемкость по прицепке и отцепке вагонеток, невозможность автоматизации.

Одноконцевая канатная откатка применяется для транспортирования горной массы при проведении наклонных выработок, имеющих относительно небольшую длину и невысокие проектные темпы проходки. В выработках с углами наклона до  $30^\circ$  горную массу транспортируют в вагонетках, свыше  $30^\circ$  — в скипах вместимостью до 4—6 м<sup>3</sup>.

При проведении наклонных выработок протяженностью свыше 500 м иногда применяют двухконцевую канатную откатку при возможном расположении в забое двух погрузочных машин.

На шахтах в настоящее время концевую канатную откатку используют в основном для транспортирования вспомогательных материалов и перевозки людей по наклонным выработкам. На некоторых угольных шахтах концевую канатную откатку применяют для перевозки в вагонетках породы и угля при панельных и этажных схемах подготовки.

Для проведения наклонных выработок используют различные схемы одноконцевой откатки, которые отличаются друг от друга количеством одновременно загружаемых и обмениваемых вагонеток, местом обмена вагонеток и типом забойной разминовки, а также степенью совмещения откатки грузовой партии вагонеток на приемную площадку с погрузочными работами в забое.

Наиболее эффективны схемы откатки с обменом вагонеток на приемной площадке уклона (рис. 8.1, а), с обменом вагонеток вблизи забоя с помощью одной замкнутой (рис. 8.1, б) или двух тупиковых разминок и дополнительной маневровой лебедки (рис. 8.1, в), благодаря чему обеспечивается совмещение откатки грузовой партии на приемную площадку с погрузочными работами в забое. Применение в забое разминок значительно снижает простои погрузочной машины. При транспортировании горной массы в скипах во время ее подъема и спуска погрузочная машина не работает.

По схеме откатки с обменом вагонеток на приемной площадке загрузку партии вагонеток в забое производят перегружателем. После загрузки партию грузовой вагонеток канатом концевой откатки подают на приемную площадку.

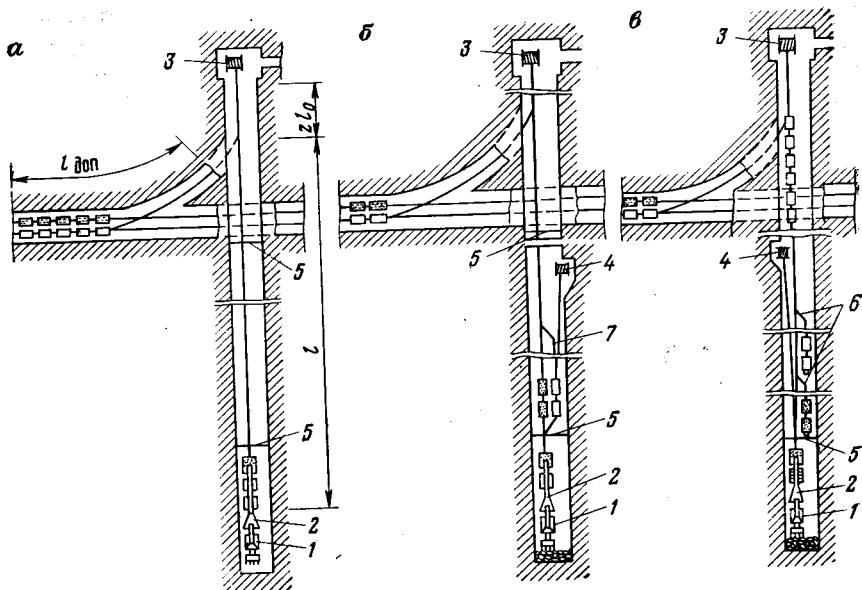


Рис. 8.1. Схемы одноконцевой канатной откатки вагонеток при проведении наклонных выработок с обменом вагонеток:

1 — погрузочная машина; 2 — перегружатель; 3 — подъемная машина; 4 — маневровая лебедка; 5 — барьер; 6 — тупиковая разминковка; 7 — замкнутая разминковка

По схемам откатки с одной замкнутой или двумя тупиковыми разминковками операции по откатке и обмену вагонеток производят в следующем порядке. После спуска и подачи под перегружатель партии порожних вагонеток отцепляют канат подъемной лебедки, подтягивают его к приемной площадке, а к спущенной партии вагонеток прицепляют канат маневровой лебедки. Грузные вагонетки маневровой лебедкой откатывают на разминковку и подают очередной состав порожних вагонеток. После перецепки каната подъемной машины от порожней партии вагонеток к грузной грузные вагонетки откатывают на приемную площадку, а в это время возобновляются работы по погрузке горной массы. Таким образом, откатку партии грузных вагонеток на приемную площадку и спуск порожних вагонеток совмещают с погрузкой горной массы и обменом вагонеток в забое.

Область рационального использования различных схем откатки в наибольшей мере зависит от грузоподъемности подъемной машины, скорости транспортирования, вместимости вагонеток, количества одновременно загружаемых вагонеток и других факторов. По данным ИГД им. А. А. Скочинского, минимальная стоимость проходки и максимальная производительность труда достигаются при наиболее простой схеме откатки (см. рис. 8,1, а) при загружаемой перегружателем партии из шести вагонеток ВГ-2,5 и скорости откатки 3 м/с. Откатка по схеме с двумя тупиковыми разми-

новками (см. рис. 8.1, в) обеспечивает большую производительность по горной массе и независимость маневров от длины наклонной выработки. Однако в этом случае требуется дополнительное оборудование для обмена и откатки вагонеток в забое.

Применение различных схем одноконцевой откатки при проведении наклонных выработок определяет в каждом конкретном случае по результатам технико-экономических расчетов.

## 8.2. Устройство концевой канатной откатки

Оборудование одноконцевой канатной откатки включает в себя: рельсовые пути, однобарабанную лебедку или малую подъемную машину\*, тяговый канат, подвижной состав, прицепные и предохранительные устройства.

Рельсовый путь для канатной откатки укладывают на шпалы, заглубленные в поперечные канавки на  $2/3$  их высоты. Каждая пятая-шестая шпала удерживается от смещения штырями, забитыми в почву. В выработках с углами наклона свыше  $10^\circ$  рельсовый путь оборудуют противоугонными устройствами.

Для проведения выработок применяют малые подъемные машины (Ц-1,2×1; Ц-1,6×1,2; Ц-2×1,5) с мощностью электродвигателя 75—320 кВт. Буква обозначает конструкцию барабана (цилиндрический), цифры — соответственно диаметр и ширину барабана в м.

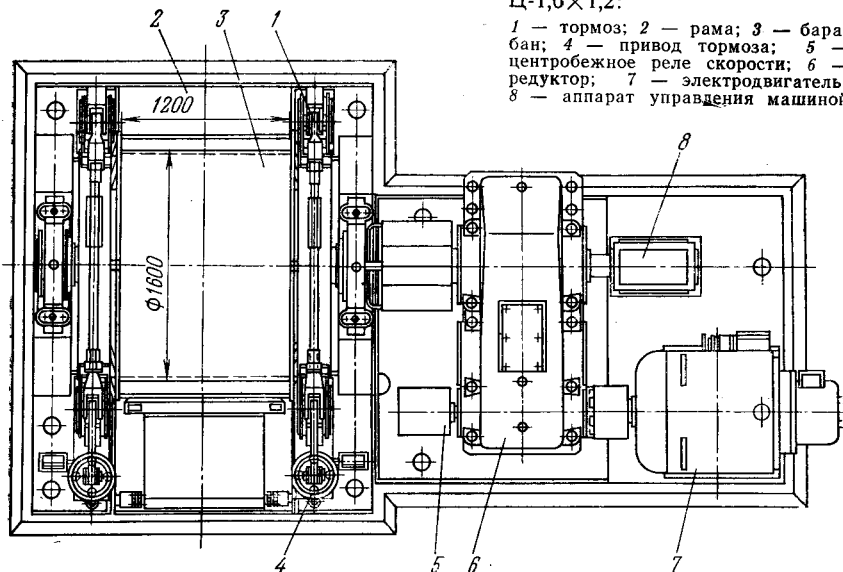


Рис. 8.2. Подъемная машина Ц-1,6×1,2:

1 — тормоз; 2 — рама; 3 — барабан; 4 — привод тормоза; 5 — центробежное реле скорости; 6 — редуктор; 7 — электродвигатель; 8 — аппарат управления машиной

\* Лебедки с диаметром канатоведущего барабана от 1,2 м относят к малым подъемным машинам.

На рис. 8.2 показана малая подъемная машина Ц-1,6×1,2, в которой поверхность обечайки сварного барабана выполнена с канавками. Благодаря наличию реборд допускается трехслойная навивка каната на барабан. Для грузоподъемных и людских подъемов по выработкам с углами наклона до 60° в целях безопасности допускается только однослойная навивка каната на барабан.

Подъемная машина оборудована колодочными тормозами (две пары колодок) с пружинно-гидравлическим приводом и снабжена центробежными механическими реле скорости (одно — для предупреждения превышения скорости каната выше номинальной, второе — для контроля скорости при подходе вагонеток к приемно-отправительным площадкам). В качестве привода используют асинхронные двигатели с фазным ротором.

Для концевой канатной откатки применяют канаты двойной свивки с линейным или точечно-линейным касанием проволок в прядях с одним органическим сердечником. Соединяют канат с вагонеткой с помощью прицепного устройства, представляющего собой закрепленный на конце каната крюк с предохранителем.

По трассе откатки для уменьшения износа шпал, стоек и канатов устанавливают путевые поддерживающие и направляющие ролики для каната. Для улавливания вагонеток в случае обрыва каната применяют ловители различной конструкции, устанавливаемые на вагонетках или между рельсами.

### 8.3. Эксплуатационный расчет канатной откатки

Основной задачей расчета является выбор типоразмера подъемной машины, каната, числа вагонеток в составе, производительности откатки и проверка мощности привода подъемной машины.

В зависимости от максимальной длины откатки и максимального статического натяжения каната выбирают по каталогу подъемную машину.

Максимально допустимое число вагонеток в составе исходя из прочности сцепки при движении груженого состава на подъем:

$$z_{\text{доп}} = S_{\text{сц}} / (G + G_0) g (\omega \cos \beta + \sin \beta),$$

где  $S_{\text{сц}}$  — допустимое натяжение сцепки по прочности, Н;  $\omega = 0,025 \div 0,03$  — коэффициент сопротивления движению вагонетки по наклонным путям.

При проведении наклонных выработок число вагонеток в составе  $z = 4 \div 6$  и ограничивается длиной перегружателя.

Максимальное статическое натяжение каната (Н)

$$S_{\text{max}} = z [G + G_0] (\omega \cos \beta + \sin \beta) + l_{\text{max}} q_k (\omega_k \cos \beta + \sin \beta) g,$$

где  $l_{\text{max}}$  — максимальная длина каната, м;  $q_k$  — масса 1 м каната, кг/м;  $\omega_k$  — коэффициент сопротивления перемещению каната: по почве и шпалам  $\omega_k = 0,5 \div 0,6$ , по роликам  $\omega_k = 0,035$ .

При выборе каната можно предварительно задаться величиной  $q_k = 2 \div 3$  кг/м. Разрывное усилие каната (Н)



$$S_{\text{раз}} \geq S_{\text{max}} m,$$

где  $m$  — запас прочности, принимаемый для грузового подъема не менее 6,5, для грузолюдского — 7,5 и людского — 9.

По каталогу, исходя из величины разрывного усилия, выбирают тяговый канат. Принятый диаметр каната по условиям коррозионной устойчивости должен быть не менее 22 мм (для стационарных установок).

Диаметр барабана машины должен быть не менее 60 диаметров каната, а ширина барабана должна равняться длине наматываемого каната, соответствующего максимальной длине проходной выработки с учетом запаса (100—150 м).

Производительность одноконцевой канатной откатки (т/ч)

$$Q = 3600 Gz / t_p.$$

Продолжительность одного рейса  $t_p$  (с), согласно схеме откатки, приведенной на рис. 8.1, а:

$$t_p = t_n + 2l/v_{\text{ср}} + 4zl_0c/v_{\text{ср}} + 2l_{\text{доп}}c/v_{\text{ср}} + \theta,$$

где  $t_n$  — время загрузки вагонеток, с;  $l$  — расстояние откатки от подготовительного забоя до стрелки заезда на приемной площадке, м;  $v_{\text{ср}} = (0,9 \div 0,95) v$  — средняя скорость откатки, м/с;  $l_0$  — длина вагонетки, м;  $c = 2 \div 3$  — коэффициент уменьшения скорости при движении на участке переподъема и по заезду;  $l_{\text{доп}} = 25 \div 30$  — длина заезда, м;  $\theta = 100 \div 120$  — дополнительное время, затрачиваемое на перецепку каната и перемену хода на участке переподъема, с.

Допустимая максимальная скорость откатки по наклонным выработкам не должна превышать 5 м/с.

Мощность двигателя подъемной машины определяют по формулам (2.23) и (2.21) и проверяют по перегрузочной способности для наиболее нагруженного случая.

Институтами Центрогипрошахт и Ростовгипрошахт разработаны алгоритмы и программы расчета на ЭВМ основных параметров одноконцевой канатной откатки.

#### 8.4. Эксплуатация оборудования канатной откатки

Оборудование канатной откатки является источником повышенной опасности, поэтому эксплуатация должна быть организована так, чтобы обеспечивалась полная безопасность для обслуживающего персонала.

Для предохранения от скатывания вагонеток в начале наклонной выработки у маневровых разминок и выше забоя выработки должны быть установлены барьеры с дистанционным или автоматическим управлением. Оборудование состава вагонеток ловителями обязательно.

При эксплуатации канатной откатки производят ежесменный осмотр и регулярный ремонт тяговых канатов, прицепных

устройств, ловителей, подъемной машины, а также регулярный осмотр рельсового пути, путевых роликов и крепление выработки.

Согласно ПБ при концевых грузовых откатках по наклонным выработкам с уклоном до  $30^\circ$  канат подлежит замене, если на шаге свивки число оборванных проволок составляет более 10% общего их числа в канате. Запрещается работа прядевыми канатами, утонение которых за время работы составило более 10% от номинального диаметра.

## **9. ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ РЕЛЬСОВОГО ТРАНСПОРТА**

### **9.1. Устройства для загрузки и разгрузки вагонеток**

Загрузку вагонеток в подготовительном забое осуществляют непосредственно ковшом погрузочной машины или конвейерными перегружателями, являющимися промежуточным звеном между погрузочной машиной или проходческим комбайном.

На полустационарных и стационарных погрузочных пунктах для загрузки вагонеток применяют различные конструкции затворов и питателей, которые устанавливают в нижней части емкостного отверстия бункера или воронки и регулирование потока горной массы, а питатели, кроме того, — равномерную и непрерывную ее подачу с большей производительностью.

Широко применяются затворы шиберные, секторные, пальцевые, цепные. Привод затворов может быть ручным или механическим, чаще с пневматическим приводом (пнеумоцилиндром) с дистанционным управлением. Преимущество затворов — простота конструкции, недостатки — возможность образования затворов горной массы, невысокая производительность, зависимость надежности работы от кусковатости горной массы.

Шиберный затвор представляет собой плоскую задвижку, устанавливаемую у выпускного отверстия. Секторный затвор с верхней или нижней отсечкой включает в себя один или два шарнирно закрепленных сектора, обеспечивающих отсекаание потока горной массы. Пальцевый затвор состоит из шарнирно закрепленных пяти — семи пальцев, согнутых из рельсов или двутавров, управляемых через гибкую тягу (трос или цепь) от пнеумоцилиндра. Цепной затвор представляет собой подвешенную у выпускного отверстия цепную завесу, подъем которой в момент погрузки вагонетки осуществляется от пнеумоцилиндров.

Применение различных конструкций затворов зависит от крупности кусков горной массы, производительности, назначения погрузочного пункта и других факторов.

По конструктивному исполнению питатели представляют собой разновидность конвейеров или других специальных устройств. Применение различных типов питателей зависит от условий эксплуатации, физико-механических свойств транспортируемой горной массы и производительности. В горнорудной промышленности приме-

няются ленточные, пластинчатые, скребковые, качающиеся и вибрационные питатели, которые отличаются от одноименных конвейеров меньшей длиной.

Ленточные питатели используют только для перемещения мелко- и среднекусковых грузов. Особой разновидностью являются ленточные перегружатели, устанавливаемые в подготовительных выработках.

Пластинчатые питатели служат для погрузки крупнокусковых абразивных грузов и применяются на погрузочно-перегрузочных пунктах.

Скребковые питатели или бункер-перегружатели используют для аккумуляирования и перегрузки горной массы при проведении выработок комбайнами (см. рис. 3.2).

В качающихся и вибрационных питателях перемещение груза осуществляется скольжением или микробросками по грузонесущему органу, установленному на катках или амортизирующих опорах и получающему от привода возвратно-поступательные или колебательные движения. Качающиеся питатели применяют для выпуска мелко- и среднекусковой горной массы, а вибрационные — для выпуска и погрузки в вагонетки крупнокусковой абразивной горной массы и выпуска руды из очистных блоков и рудоспусков. Преимущество вибропитателей — их высокая производительность (600—1000 т/ч), небольшой износ грузонесущего органа и невысокая энергоемкость.

Для предотвращения просыпания горной массы в зазор между вагонетками при передвижении состава под погрузочным пунктом на угольных шахтах применяют различные конструкции межвагонеточных перекрывателей, выполненных в виде перекидных лотков, двухрукавных воронок с перекидной заслонкой и др. При погрузке вагонеток перегружателем в подготовительном забое межвагонеточное пространство перекрывают металлическими съёмными листами.

Для разгрузки вагонеток в околоствольном дворе или на поверхности применяют различные опрокидыватели: круговые, боковые со штоковым рабочим органом, боковые с поворотной платформой и лобовые.

Наибольшее распространение получили круговые опрокидыватели. Боковые опрокидыватели со штоковым рабочим органом применяют для разгрузки вагонеток с откидным бортом типа ВВ, боковые с поворотной платформой — для разгрузки вагонеток типа ВГ на поверхности шахты в период ее строительства. Лобовые опрокидыватели, обеспечивающие разгрузку вагонеток типа ВГ при их опрокидывании через лобовую стенку, применяют при проведении геологоразведочных выработок.

На рис. 9.1 показан круговой опрокидыватель, предназначенный для разгрузки одиночных вагонеток и нерасцепленных составов, состоящих из вагонеток с глухим кузовом, оборудованных вращающимися сцепками. Барабан опрокидывателя опирается на две пары роликов. На ферме, соединяющей кольца барабана, за-

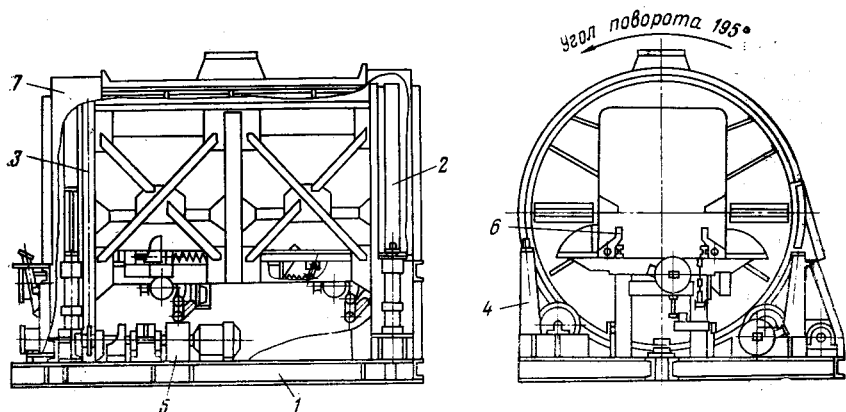


Рис. 9.1. Опрокидыватель круговой типа ОК:

1 — рама; 2 — барабан; 3 — втулочно-роликовая цепь; 4 — демпфер; 5 — привод; 6 — стопор; 7 — кожух

креплена рельсовая платформа. Вращение барабану от электропривода передается втулочно-роликовой цепью, закрепленной на барабане. При разгрузке вагонеток барабан поворачивается на  $195^\circ$ . Фиксация вагонеток на платформе барабана осуществляется за передние колеса стопором и за задние колеса защелкой, заблокированной со стопором. При разгрузке вагонетки осуществляется ее одновременная очистка виброочистителем, установленным на опрокидывателе.

В зависимости от организации локомотивной откатки применяют круговые опрокидыватели с вырезом в кольцах барабана для прохода локомотива с составом вагонеток или без выреза (рис. 9.1), при этом перемещение вагонеток при разгрузке производят толкателем.

## 9.2. Маневровое и путевое оборудование

Перемещение отдельных вагонеток или составов при маневровых операциях на погрузочных и обменных пунктах осуществляют маневровыми лебедками или толкателями. Для остановки и задержания на откаточных путях движущихся самокатом вагонеток, а также для дозировки при обмене вагонеток в клетях и опрокидывателях применяют путевые стопоры.

Маневровые лебедки используют в подготовительных забоях, на погрузочных пунктах под лавами, на приемно-отправительных станциях, в околостольных дворах и на поверхности. Наиболее широко применяют однобарабанные лебедки типа ЛВ и ЛВП с дистанционным управлением с электрическим или пневматическим приводом, двухбарабанные маневровые лебедки типа МК и др.

Однобарабанная маневровая лебедка типа ЛВД (рис. 9.2) состоит из барабана 3, планетарного редуктора 2, двигателя 5,

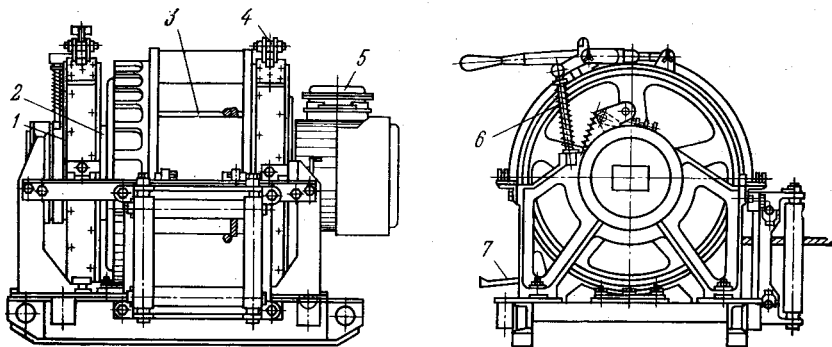


Рис. 9.2. Однобарабанная маневровая лебедка типа ЛВД

фрикциона 1, ленточного тормоза 4, механизма дистанционного управления 6 и храпового стопора 7. Плавное соединение и отсоединение барабана и привода производят фрикционом 1, а торможение и стопорение барабана — ленточным тормозом 4.

Механизм дистанционного управления 6 обеспечивает при пуске двигателя автоматическое затягивание тормоза фрикциона и присоединение барабана к приводу, после чего производится навивка каната на барабан. При пуске двигателя в обратном направлении тормоз фрикциона автоматически открывается, барабан отсоединяется от привода и канат свободно разматывается с барабана. С помощью храпового стопора 7 обеспечивается стопорение барабана лебедки при работе на уклоне.

Выпускают восемь унифицированных моделей лебедок типа ЛВД с тяговым усилием от 63 до 18 кН при скорости перемещения каната от 0,25 до 0,7 м/с, канатоемкостью барабана 200—350 м, диаметром каната 12,5 мм и мощностью двигателя от 3 до 13 кВт.

В угольных шахтах для обмена вагонеток в клетях и опрокидывателях, для проталкивания нерасцепленных составов через опрокидыватель в околоствольном дворе и одиночных вагонеток и составов под погрузочными пунктами применяют толкатели.

Принцип действия толкателя заключается в захвате вагонетки кулаком снизу за подвагонный упор, ось, буфер или сверху за кузов и в дальнейшем проталкивании вагонетки на короткое расстояние. В качестве тяговых органов, на которых закреплены толкающие кулаки, взаимодействующие с вагонеткой, применяют цепи, канаты или рейки, приводимые в движение от электрического или гидравлического привода.

В зависимости от времени работы на одном месте различают толкатели стационарные и передвижные.

Для проталкивания нерасцепленных составов вагонеток на передвижных и стационарных погрузочных пунктах применяют бесфундаментные неревверсивные электрогидравлические толкатели,

в которых рабочим органом являются две рейки с шарнирно укрепленными на них кулаками. Рейки от гидроцилиндров совершают попеременно (одна вперед, другая назад) возвратно-поступательные движения.

На погрузочных пунктах и приемно-отправительных площадках для перемещения одиночных вагонеток и составов по прямолинейным и криволинейным участкам рельсового пути применяют канатные толкатели, рабочим органом которых является каретка с шарнирно укрепленным на ней кулаком. Каретка перемещается по направляющим, уложенным между рельсами, тяговым канатом, замкнутым в горизонтальной плоскости и приводимым в движение от шкива трения. Изменение направления движения каретки производится реверсированием двигателя приводного шкива, а ход каретки в конечных точках ограничивается конечными выключателями.

Для проталкивания нерасцепленных составов через опрокидыватель в околоствольных дворах используют цепные стационарные толкатели с вертикально замкнутой цепью, на которой закреплены кулаки, взаимодействующие с подвагонными упорами вагонеток.

Для обмена вагонеток в клетях и опрокидывателях используют бесфундаментные цепные толкатели, штоковые пневматические толкатели, у которых толкающая тележка с рабочим кулаком перемещается штоком пневмоцилиндра.

Путевые стопоры предназначены для задержания вагонеток, скорость которых при самокатном движении не превышает 1,2 м/с. При больших скоростях применяют путевые тормозы и гасители скорости.

Стопор состоит из двух кулаков, которые в закрытом положении находятся в головках рельсов, а в открытом — отклонены в стороны. Вагонетка наезжает колесами на кулаки, останавливается, при этом усилия гасятся пружинными амортизаторами, установленными на кулаках. Открывание кулаков осуществляется от приводного механизма.

Применяются задерживающие стопоры с одной парой кулаков и дозирующие с двумя последовательно установленными парами кулаков, обеспечивающие остановку вагонеток и поочередную выдачу по одной вагонетке (обмен вагонеток в клетях или опрокидывателях).

Путевые тормоза предназначены для полной остановки вагонеток, движущихся с большой скоростью (до 3 м/с), а гасители — для уменьшения скорости вагонеток без полной остановки.

Для подъема вагонеток на высоту, потерянную при самокатном движении, применяют компенсаторы высоты, рабочим органом которых является замкнутая цепь с толкающими кулаками.

## САМОХОДНЫЕ МАШИНЫ И ПРИЗАБОЙНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ДЛЯ ПОГРУЗКИ И ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ГОРНОЙ МАССЫ

### 10. ОБОРУДОВАНИЕ САМОХОДНОГО ТРАНСПОРТА

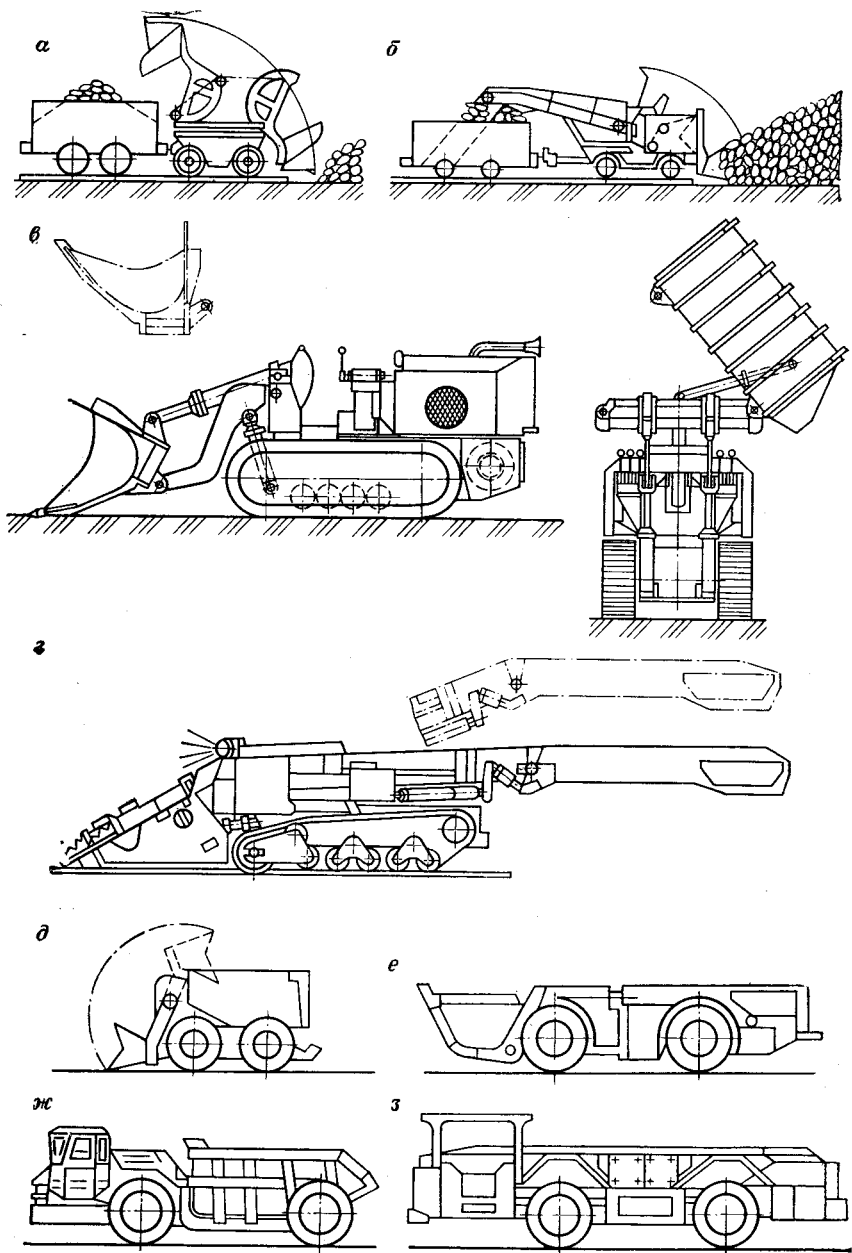
#### 10.1. Общие сведения и область применения

Основным направлением развития механизации проходческих работ является широкое внедрение и дальнейшее совершенствование самоходных машин, которые при буровзрывном способе проведения горных выработок позволяют без увеличения численности обслуживающего персонала повысить в несколько раз производительность труда проходчиков по сравнению с использованием переносных машин, увеличить скорость проходки и снизить на 20—30% стоимость погрузки и транспортирования 1 м<sup>3</sup> горной массы.

По функциональному назначению самоходные машины, используемые при проведении горных выработок, разделяют на *погрузочные* (рис. 10.1, а—г), *погрузочно-транспортные* (рис. 10.1, д и е) и *транспортные* (рис. 10.1, ж и з).

Назначение погрузочной машины — зачерпывание (захват) разрыхленной горной массы исполнительным органом, подъем на определенную высоту и перегрузка горной массы в транспортные средства; погрузочно-транспортной — зачерпывание горной массы, транспортирование на некоторое расстояние и перегрузка в бункер или другие транспортные средства; транспортной самоходной машины (автосамосвала или самоходного вагона) — только перемещение горной массы и ее разгрузка, причем загрузку транспортной машины осуществляют различными погрузочными средствами. К транспортным машинам можно отнести также вспомогательные самоходные установки для перевозки людей и доставки горюче-смазочных материалов; различные платформы, оборудованные грузоподъемным краном, приспособлениями для монтажа и демонтажа кабельной сети; трайлеры для крупногабаритных грузов; передвижные мастерские; установки для оборки и крепления кровли и стенок выработок и другие самоходные машины для перевозки различных вспомогательных грузов.

Основными конструктивными особенностями самоходных машин являются: индивидуальный дизельный, электрический или пневматический привод; пневмошинный механизм перемещения (двигатель), реже — гусеничный. Некоторые типы погрузочных машин имеют колесно-рельсовый механизм перемещения; рабочий погрузочный орган, в основном ковшового типа, или нагребальные лапы и транспортирующую емкость (грузонесущий ковш или кузов); шарнирно-сочлененную несущую раму (на погрузочно-



**Рис. 10.1.** Оборудование самоходного транспорта:

*а, б* — погрузочные машины ковшовые на колесно-рельсовом механизме перемещения с задней разгрузкой ковша; *в* — погрузочная машина на гусеничном механизме перемещения с боковой разгрузкой ковша; *г* — погрузочная машина с парными нагребными лапами; *д, е* — погрузочно-транспортные машины соответственно с ковшем и грузонесущим кузовом и грузонесущим ковшем; *ж* — автосамосвал; *з* — самоходный вагон



транспортных и транспортных машинах); систему управления движением самоходных машин по челноковой схеме.

Преимущества самоходного транспорта: высокая мобильность машин, оборудованных дизельным двигателем и пневмомашинным механизмом перемещения, что позволяет увеличить коэффициент использования их при обслуживании нескольких подготовительных забоев; повышение производительности и облегчение труда проходчиков; универсальность, обеспечивающая использование одних и тех же самоходных машин на подготовительных, очистных и вспомогательных работах; возможность транспортирования крупнокусовых скальных грузов и преодоления подъемов до  $15^\circ$ ; небольшие радиусы поворота. Недостатки самоходных машин — их высокая стоимость, большие эксплуатационные затраты в связи с использованием дизельного топлива, интенсивным износом шин и дополнительным расходом воздуха на вентиляцию при эксплуатации машин с дизельным двигателем.

Погрузочные машины широко применяют при строительстве всех видов подземных сооружений, при проведении горизонтальных и наклонных выработок и камер буровзрывным способом по породам практически любой крепости.

Погрузочно-транспортные машины используют в основном в рудных шахтах на подготовительных и очистных работах при рациональной дальности транспортирования 100—300 м в зависимости от типа привода.

Самоходные транспортные машины — автосамосвалы — применяют при проведении горных выработок большого поперечного сечения. Рациональная дальность транспортирования от 300 до 2500 м. При проведении наклонных стволов (автоуклонов) с углами наклона  $8-12^\circ$  и горизонтальных выработок автосамосвалами иногда транспортируют горную массу от подготовительного забоя на поверхность до отвала.

Самоходные вагоны со встроенными в днище кузова скребковыми конвейерами используют для доставки горной массы при проведении выработок проходческими комбайнами (в основном в калийных шахтах).

## 10.2. Проходческие комплексы самоходных машин

Наиболее высокая производительность и скорость проведения выработок достигаются при использовании полного набора самоходных машин-комплексов, обеспечивающих бурение, погрузку и транспортирование горной массы и выполнение различных вспомогательных работ.

Самоходные машины, входящие в комплекс, должны в первую очередь соответствовать горно-геологическим и горнотехническим условиям проводимых выработок (условия погрузки и разгрузки, кусковатость горной массы, размеры выработок и расстояние транспортирования), соответствовать друг другу по производительности, по возможности иметь одинаковую конструкцию при-

Таблица 10.1

Вариант комплекса	Состав комплекса	Площадь сечения выработки, м <sup>2</sup>	Дальность транспортирования, м
1	Погрузочно-транспортная машина грузоподъемностью до 4 т с пневмоприводом и кузовом	6—14	50—120
2	Погрузочно-транспортная машина грузоподъемностью 3—12 т с дизельным приводом	6—20	300—500
3	То же, с электроприводом	6—20	150—200
4	Погрузочная машина с нагребающими лапами или погрузочно-транспортная машина грузоподъемностью 3—8 т с ковшом; автосамосвал грузоподъемностью 25—30 т	≤14—25	2000—2500
5	Проходческий комбайн или погрузочная машина, самоходный вагон с электроприводом грузоподъемностью 10—20 т, бункер-перегрузатель	14—25	200
6	То же, с самоходным вагоном с дизельным приводом	14—25	700—2000

вода и механизма перемещения и близкие габаритные размеры. На рудных шахтах целесообразно применение комплексов с одинаковым типом самоходных машин на проходческих и очистных работах, что позволяет сократить количество типов машин и упростить их обслуживание и ремонт.

Рассмотрим примерный состав некоторых комплексов существующих самоходных машин для различных условий проведения горных выработок в основном в рудных шахтах и тоннелей большого сечения по крепким породам (табл. 10.1). В каждый комплекс при буровзрывном способе проходки кроме машин для погрузки и транспортирования обязательно входят самоходная буровая установка и самоходные транспортные машины вспомогательного назначения.

Для конкретных условий проведения выработок состав комплекса и параметры машин выбирают исходя из заданной скорости проведения выработки с расчетом технико-экономической эффективности по минимуму приведенных затрат, отнесенных к 1 м<sup>3</sup> транспортируемой горной массы из забоя.

## 11. ПОГРУЗОЧНЫЕ МАШИНЫ

### 11.1 Классификация погрузочных машин

Погрузочные машины по принципу действия разделяют на машины *периодического* действия, в которых захват горной массы осуществляется периодически через определенные интервалы време-

ни и машинист управляет каждым циклом захвата, и *непрерывного* действия, в которых захват горной массы осуществляется через более короткие интервалы времени, машина после пуска работает в автоматическом режиме и машинист не управляет захватом каждой порции груза.

В погрузочных машинах периодического действия применяют в основном ковшовый исполнительный орган, реже грейферный и гребковый, а в машинах непрерывного действия — парные нагребующие лапы для кусковатой горной массы, барабанно-лопастной рабочий орган для липких горных пород. Ранее в конструкциях погрузочных машин непрерывного действия применялись исполнительные органы гребково-роторные, ковшово-элеваторные, с нагребующими цепными барами и рифлеными дисками.

По способу захвата горной массы различают погрузочные машины с *нижним захватом* — в основном почти все типы ковшовых погрузочных машин; *верхним захватом* — некоторые типы ковшовых машин, машин с нагребующими лапами и гребковым рабочим органом; *боковым захватом* — погрузочные машины с парными нагребующими лапами.

По способу разгрузки ковшовые погрузочные машины разделяют на три типа: с *задней*, *боковой* и *фронтальной* разгрузкой ковша.

Передача горной массы от исполнительного органа в транспортные средства может быть *прямой*, например непосредственная перегрузка из ковша в вагонетку, и *ступенчатой*, когда горная масса перегружается на передаточный конвейер, расположенный на самой погрузочной машине.

Привод погрузочных машин обычно пневматический или электрический с питанием по шлангу или кабелю, а механизм перемещения — колесно-рельсовый или гусеничный, реже пневмошинный.

Для погрузки горной массы при проведении горизонтальных горных выработок наибольшее распространение получили ковшовые машины. Отечественные ковшовые погрузочные машины имеют колесно-рельсовый механизм передвижения, реже — гусеничный. Некоторые типы зарубежных погрузочных машин имеют пневмошинный механизм передвижения. Недостаток колесно-рельсового механизма передвижения — малая маневренность, необходимость настилки рельсового пути, относительно невысокое противодавление при внедрении ковша в горную массу ввиду небольшой величины коэффициента сцепления колес тележки с рельсами. В отличие от колесно-рельсового гусеничный механизм передвижения обеспечивает хорошую маневренность, высокий коэффициент сцепления с почвой выработки, но является более сложным и значительно увеличивает массу погрузочной машины.

Пневмошинный механизм передвижения обеспечивает высокую маневренность, проходимость, высокую амортизирующую способность, что значительно увеличивает срок службы машины, большую скорость передвижения. Недостатки данного механизма пе-

редвижения — небольшой срок службы шин, значительные удельные давления на грунт по сравнению с гусеничным механизмом.

Преимущества ковшовых погрузочных машин — погрузка породы практически любой крепости, высокая надежность и долговечность. Недостатки — ограниченный фронт погрузки у машин с колесно-рельсовым механизмом перемещения, что требует зачистки почвы у стенок выработки, периодический режим работы и в связи с этим относительно невысокая производительность; невозможность разгрузки горной массы на конвейер, расположенный на почве выработки, машинами с задней разгрузкой ковша.

Преимуществами погрузочных машин непрерывного действия по сравнению с машинами периодического действия являются их более высокая производительность и маневренность, недостатками — более сложная и дорогая конструкция, меньшая надежность при погрузке крупнокусковой абразивной горной массы.

## 11.2. Устройство погрузочных машин

Принцип работы погрузочной машины периодического действия заключается в следующем: машину с прицепленной к ней вагонеткой и опущенным ковшом по рельсовым путям подгоняют к штабелю разрыхленной горной массы. При соприкосновении ковша со штабелем механизм передвижения создает напорное усилие для внедрения ковша. После его заполнения включают механизм подъема и горная масса разгружается в вагонетку, затем механизм подъема переключают на обратное вращение и рабочий

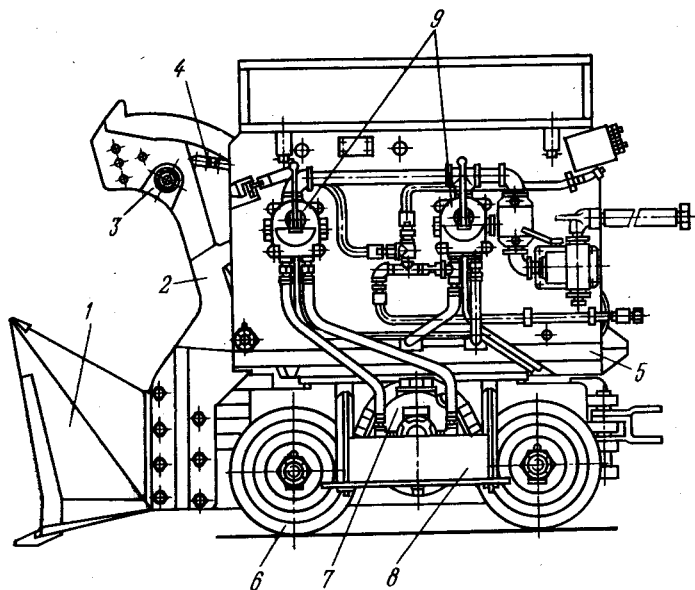


Рис. 11.1. Погрузочная машина с ковшом на перекатывающейся рукояти

орган под действием силы тяжести опускается в исходное положение, после чего цикл работы машин повторяется.

В погрузочных машинах непрерывного действия рабочий орган — нагребавшие лапы — захватывает горную массу отдельными порциями и проталкивает ее на конвейер, установленный на погрузочной машине.

*Погрузочные машины периодического действия* с ковшовым рабочим органом по способу разгрузки имеют две основные модификации: с опрокидыванием ковша назад и с боковым опрокидыванием ковша. В машинах с опрокидыванием ковша назад ковш закреплен либо на перекаत्याющейся рукояти (рис. 11.1), либо на шарнирной стреле (рис. 11.2), с боковой разгрузкой ковша — на шарнирной стреле (рис. 11.3).

Погрузочные машины с ковшом на перекаत्याющейся рукояти компактны, но имеют большую высоту подъема ковша при разгрузке. Погрузочные машины с ковшом на шарнирной стреле с разгрузкой назад обеспечивают погрузку более крупных кусков горной массы, имеют больший фронт погрузки, но обладают большей массой и габаритами по сравнению с машинами с ковшом на перекаत्याющейся рукояти. Погрузочные машины с боковой разгрузкой по сравнению с машинами с задней разгрузкой ковша обладают такими существенными преимуществами, как меньшая длительность рабочего цикла в связи с меньшей длиной пути ковша, возможность работы машины в сочетании с конвейерным и рельсовым транспортом, хорошее заполнение ковша и меньшая энергоемкость погрузки.

В погрузочной машине с ковшом на перекаत्याющейся рукояти (см. рис. 11.1) ковш 1 жестко закреплен на рукояти, состоящей из двух кулис 2, соединенных траверсой 3. Рукоять с ковшом поднимается цепью 4, навиваемой на барабан подъемной лебедки, снабженной индивидуальным пневмодвигателем, расположенным на поворотной платформе 5. При подъеме ковша кулисы рукояти перекатываются без скольжения по направляющим платформе 5 канатами стабилизации. В новых конструкциях машин роль стабилизирующих канатов выполняют зубья-штыри, закрепленные на кулисах рукояти, входящие в отверстия на дорожках перекатывания поворотной платформы. Поворотная платформа 5 опирается на ходовую тележку 6 через опорный круг, выполненный в виде упорного подшипника большого диаметра. Перемещение тележки производится от пневматического двигателя 7, приводящего обе колесные пары. На тележке закреплена подножка 8 для машиниста, со стороны которой расположены механизмы управления 9. Для увеличения фронта погрузки ковш вместе с поворотной платформой пневмоцилиндрами поворачивается в обе стороны на 30°. После каждого цикла зачерпывания возврат платформы с ковшом и исходное положение осуществляются автоматически.

В погрузочной машине с ковшом на стреле со ступенчатой задней разгрузкой (см. рис. 11.2) ковш 1 с помощью шарнира 2 закреплен на стреле-рукояти 3, которая, в свою очередь, закреп-

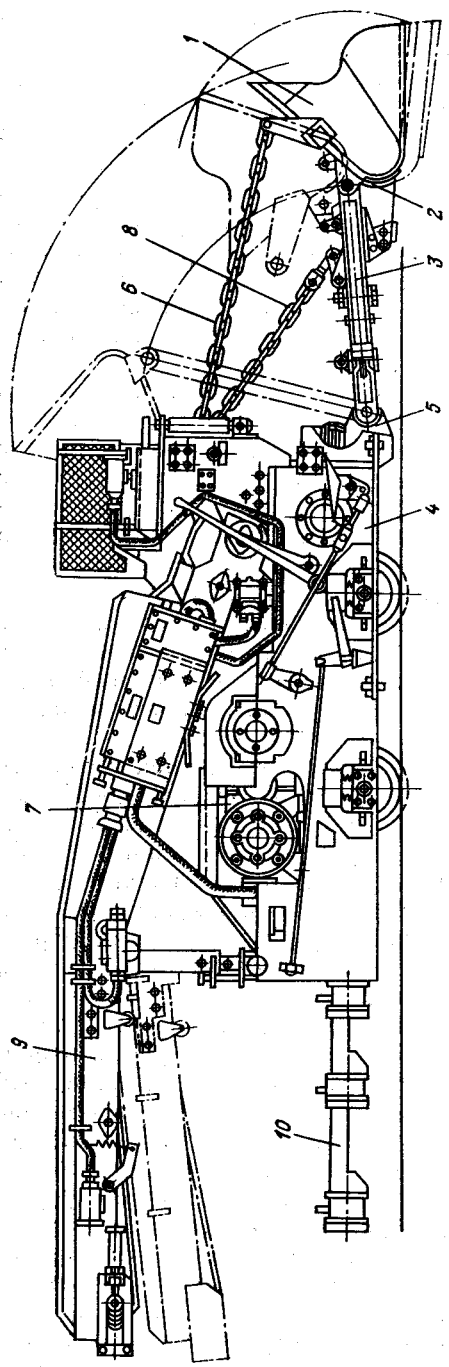


Рис. 11.2. Погрузочная машина типа 11.2 с ковшом на шарнирной стреле с задней разгрузкой

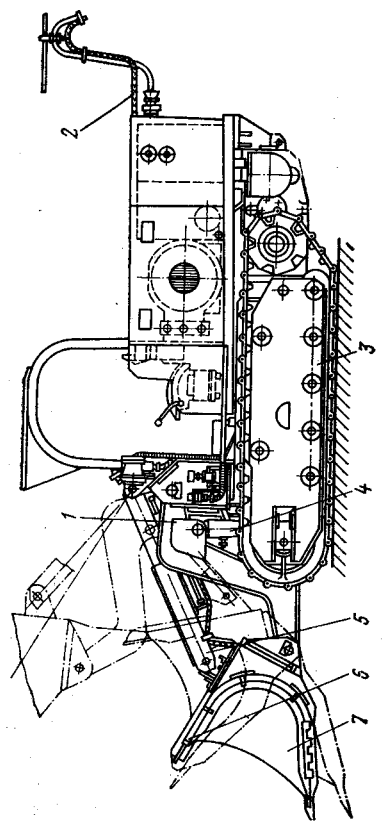


Рис. 11.3. Погрузочная машина типа МПКЗ с боковой разгрузкой ковша

лена на раме 4 посредством двойного шарнира 5, что позволяет перемещать стрелу 3 вместе с ковшом 1 в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Подъем ковша производят двумя цепями 6, приводимыми от двухбарабанной лебедки 7 со всторонними планетарными редукторами. При одновременно вращающихся обоих барабанах лебедки ковш поднимается в вертикальной плоскости, а при поочередной работе барабанов поворачивается вправо или влево в горизонтальной плоскости. В крайнем нижнем положении стрела фиксируется цепью 8.

Колесно-рельсовый механизм передвижения состоит из планетарных редукторов, которые через систему зубчатых передач и цепную передачу приводят в движение колесные пары погрузочной машины. Двухбарабанная лебедка управления ковшом и механизм передвижения приводятся от одного двигателя.

Погрузочные машины с ковшом на шарнирной стреле с разгрузкой назад обычно снабжены ленточным передаточным конвейером 9, на который перегружается горная масса из ковша машины, и оборудованы выдвигной буферной сцепкой 10, имеющей три фиксированных положения для равномерной загрузки вагонетки по длине.

Отечественная промышленность выпускает серийно погрузочные машины с задней разгрузкой ковша вместимостью от 0,2 до 0,5 м<sup>3</sup>. Шифр этих машин имеет буквенное обозначение ППН — погрузчик периодического действия нижнего захвата. После буквенного обозначения цифрой указывается типоразмер машины, модификация и либо индекс по высоте — ППН1с (стандартная высота), либо индекс указания типа привода — ППН5п (пневматический), либо индекс назначения машины для проведения выработок с большим углом наклона — ППМ-4у (уклонная).

В настоящее время машину ППН1с заменяют более совершенной машиной ППН1, которая обеспечивает техническую производительность 1,2 м<sup>3</sup>/мин. Металлоемкость ее снижена на 20%, применена виброзащитная подножка, снижен уровень шума, введены централизованная смазка подшипников узла поворота и другие усовершенствования. Крупность кусков погружаемой горной массы — до 300 мм.

Институтом ВНИПИрудмаш разработана погрузочная машина ППН-1э с электрогидроприводом для работы в составе комплекса для проведения геологоразведочных выработок малого поперечного сечения.

Погрузочная машина ППН-2г имеет гусеничный механизм передвижения. Крупность загружаемой ею горной массы до 400 мм.

Погрузочная машина ППНЗА по сравнению с ранее выпускаемой ППНЗ имеет техническую производительность 1,75 м<sup>3</sup>/мин (вместо 1,6 м<sup>3</sup>/мин). Удельная металлоемкость (т·мин/м<sup>3</sup>) снижена на 10%, увеличена надежность отдельных сборочных единиц. Уровень шума снижен со 106 до 100 дБ. Крупность загружаемой горной массы — до 600 мм.

Наиболее современная погрузочная машина с боковой разгрузкой ковша (см. рис. 11.3) имеет шарнирно закрепленный на стреле 1 ковш 7, перемещение которого осуществляется гидроцилиндрами черпания 5, подъема 4 и боковой разгрузки 6. Предусмотрена возможность перемонтажа ковша с гидроцилиндром разгрузки, что позволяет разгружать горную массу на левую или правую сторону. Механизм перемещения 3 машины — гусеничный. Машина оснащена гидросистемой, питающей привод механизма перемещения, гидроцилиндры рабочего органа, натяжение траковой цепи гусениц и отключение автостопов, а также системы орошения 2.

Отечественная погрузочная машина с боковой разгрузкой ковша МПКЗ снабжена ковшами вместимостью 0,6 и 1 м<sup>3</sup> и предназначена для проведения горизонтальных и наклонных горных выработок с углом наклона  $\pm 10^\circ$  в шахтах, опасных по газу и пыли, площадью сечения в свету не менее 14,5 м<sup>2</sup> при погрузке в вагонетки, 10,3 м<sup>2</sup> — на ленточный конвейер и 6,4 м<sup>2</sup> — на скребковый конвейер. Техническая производительность машины — до 2,4 м<sup>3</sup>/мин.

За рубежом машины с боковой разгрузкой ковша выпускают фирмы «Эймко» (США), «Зальцгиттер» и «Вестфалия Люнен» (ФРГ), «Миндев» (Великобритания), а также другие фирмы ряда европейских стран.

Так, например, техническая производительность машин фирмы «Зальцгиттер» составляет 1—3,5 м<sup>3</sup>/мин, вместимость ковша 0,25—1,25 м<sup>3</sup>. Некоторые машины фирмы «Вестфалия Люнен» имеют телескопическую стрелу, что обеспечивает внедрение ковша в штабель горной массы с одного положения машины без ее перемещения.

Разновидностью ковшовых погрузочных машин являются профилеподбирочные машины, предназначенные для подрывки почвы после проходки выработки и погрузки горной массы в другие транспортные средства. Отличительной особенностью этих машин является конструкция ковша, кромка которого оснащена отбойными молотками. Разгрузка горной массы из ковша производится специальным выталкивателем.

Для погрузки горной массы при проходке тоннелей большого сечения применяют одноковшовые экскаваторы.

При проведении наклонных и вертикальных выработок для погрузки породы используют погрузочные машины периодического действия с грейферным рабочим органом с пневматическим или гидравлическим управлением закрывания и открывания лопастей. Вместимость грейферов 0,22—1,25 м<sup>3</sup>.

На рис. 11.4 показана погрузочная установка с грейферным рабочим органом, используемая для проведения выработок с углом наклона от 0 до 70°. В установке многолопастный грейфер 1 подвешен на канате 2 через систему блоков 3 к каретке 4, перемещаемой по монорельсу 5 лебедкой 6. Подъем грейфера с горной массой и его опускание производятся двумя пневмоци-



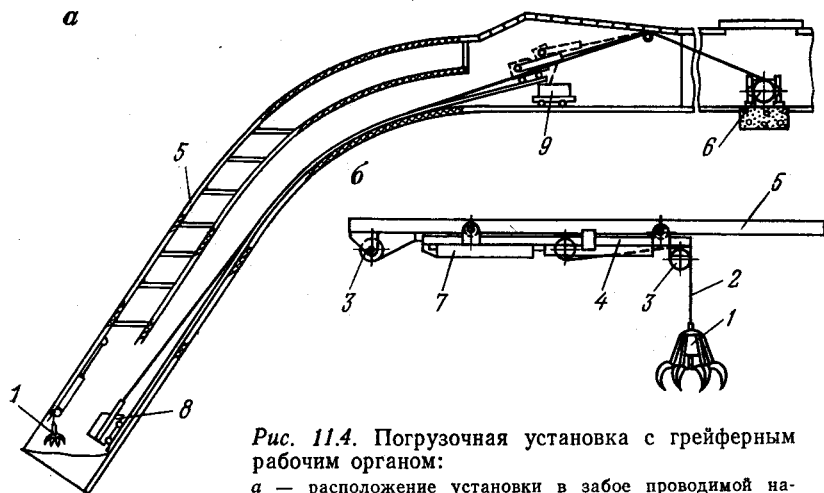


Рис. 11.4. Погрузочная установка с грейферным рабочим органом:

а — расположение установки в забое проводимой наклонной выработки; б — грейферный рабочий орган

линдрами 7, расположенными на подвижной каретке 4. Погрузку горной массы осуществляют в скип 8 с последующей перегрузкой в вагонетки 9 рельсового транспорта.

Институтом ВНИИОМШС разработана и испытана погрузочная машина типа ППБ-1 с двухлопастным грейфером с боковым захватом и возможностью поворота грейфера в вертикальной плоскости, что повышает эффективность зачерпывания породы при проведении выработок с углами наклона от 18 до 45°. Управление лопастями грейфера осуществляется гидроцилиндрами, а перемещение самой машины — лебедкой. Вместимость грейфера — 0,4 м<sup>3</sup>, техническая производительность — 0,6 м<sup>3</sup>/мин, фронт погрузки — 5,5 м.

*Погрузочные машины непрерывного действия*, применяемые в настоящее время в шахтном строительстве, оснащены в основном рабочим органом типа парных нагребующих лап.

На рис. 11.5 показана машина типа 2ПНБ-2, имеющая две нагребующие лапы 1, гусеничный механизм передвижения 2 и передаточный скребковый конвейер 3. Каждая лапа 1 в центральной части закреплена шарнирно на диске кривошипа 4. Снизу, с внутренней стороны лапы на ее верхнем конце (кулисе), имеется паз, в который входит ролик, закрепленный на вертикальной оси на приемной плите 5. При вращении кривошипа 4 лапа своим пазом движется по ролику, благодаря чему обеспечивается определенная траектория движения рабочего конца лапы. Приемная плита 5, на которой расположен исполнительный орган, перемещается по высоте с помощью гидроцилиндров.

Нагребующие лапы приводятся от электродвигателя через отдельные редукторы для правой и левой лап.

Механизм перемещения состоит из рамы, редуктора гусеничного хода с электродвигателем, балансиров, поддерживающих гу-

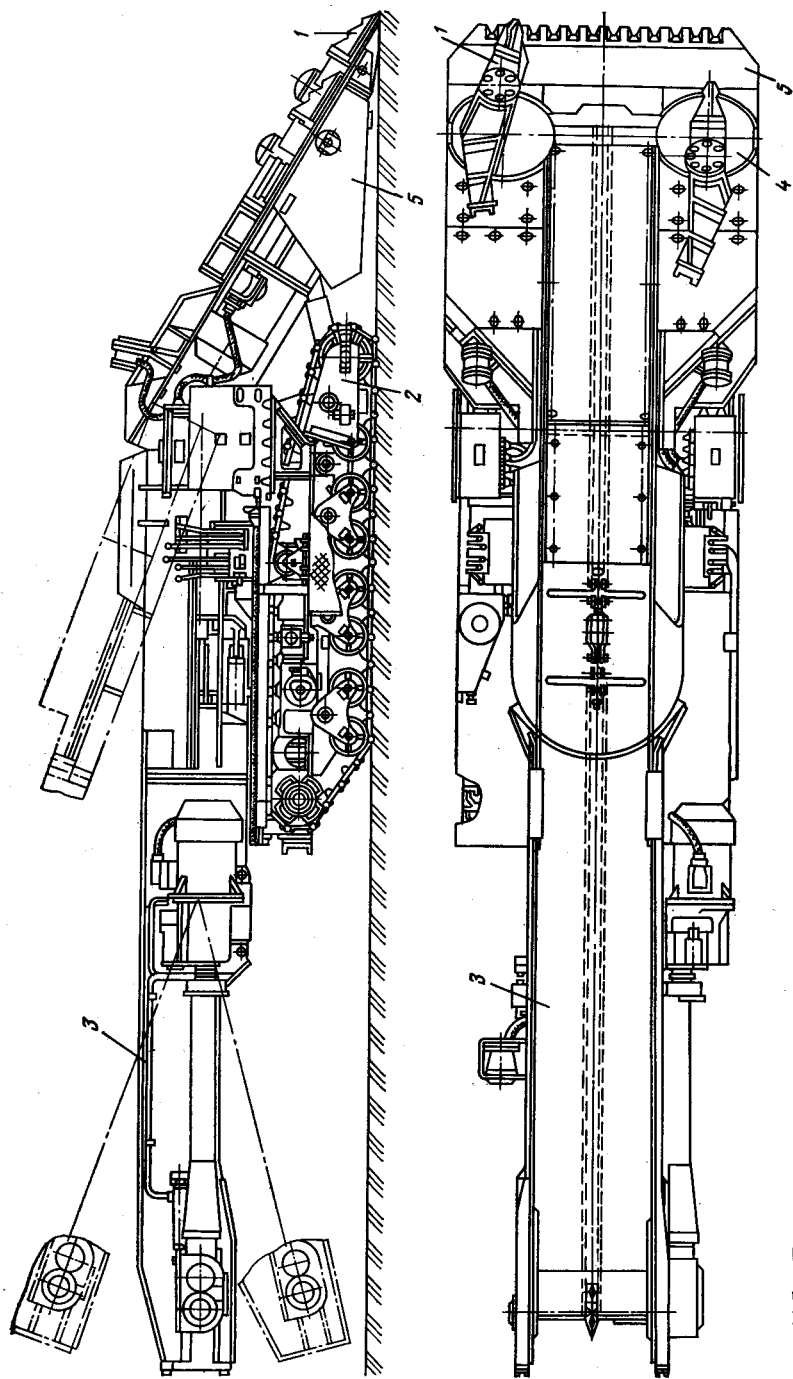


Рис. 11.5. Погрузочная машина с нагревающими лапами типа 2ЛНБ-2

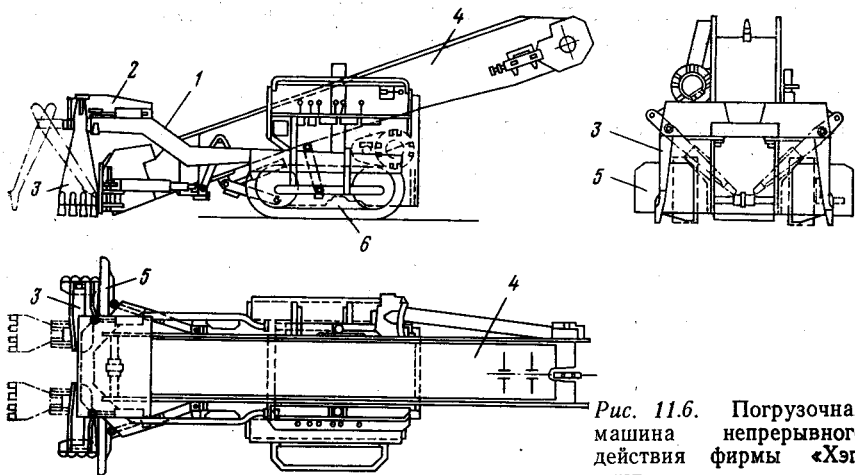


Рис. 11.6. Погрузочная машина непрерывного действия фирмы «Хэглунд»

сеничную цепь опор, натяжных устройств и гусеничных цепей. Редуктор механизма перемещения обеспечивает две скорости движения — рабочую и маневровую.

На скребковом передаточном конвейере применяют пластинчатую цепь с универсальными шарнирами, благодаря которым конвейер может изгибаться в горизонтальной плоскости вправо или влево на  $45^\circ$  и разгрузочная головка конвейера подниматься и опускаться в вертикальной плоскости. Управление поворотом конвейера производят двумя парами гидроцилиндров.

Гидравлическая система машины обеспечивает включение фрикционов редуктора гусеничного механизма передвижения и питание гидроцилиндров, осуществляющих управление отдельными узлами машины.

Погрузочные машины с нагребающими лапами иногда снабжают навесным бурильным оборудованием (буропогрузочные машины), что обеспечивает поочередное обуривание забоя и погрузку горной массы одним самоходным агрегатом.

Отечественная промышленность выпускает серийно погрузочные машины непрерывного действия с нагребающими лапами типа ПНБ (П — погрузчик, Н — непрерывного действия, Б — бокового захвата) четырех типоразмеров (типоразмер указан цифрой после буквенного обозначения). Буква у, стоящая после типоразмера, указывает на возможность использования машины в выработках с углами  $18^\circ$ . Цифра, стоящая перед буквенным обозначением, указывает модификацию, отличающуюся конструктивным исполнением или основными параметрами.

Машина 2ПНБ-2 отличается от машины 1ПНБ-2 мощностью и габаритами и имеет индивидуальные приводы гусеничного механизма передвижения, нагребающих лап и скребкового конвейера.

Для погрузки крепких горных пород с большой крупностью кусков ранее использовали машину типа ПНБ-3, которая имела

два конструктивных исполнения: ПНБ-ЗК и ПНБ-ЗД, отличающихся между собой кинематикой привода нагребающих лап.

В настоящее время Ясногорский машзавод серийно выпускает машину ПНБ-ЗД2, которая по сравнению с базовой моделью ПНБ-ЗД обеспечивает техническую производительность  $5 \text{ м}^3/\text{мин}$ . Удельная металлоемкость машины снижена на 35%, применены двухскоростные электродвигатели, повышен срок службы нагребающих лап и опорных катков гусениц. Ресурс до первого капремонта увеличен от 50 до 60 тыс.  $\text{м}^3$  погружаемой горной массы.

Разработана новая погрузочная машина типа ПНБ-4Д, в которой по сравнению с базовой моделью ПНБ-4 увеличена техническая производительность (до  $8 \text{ м}^3/\text{мин}$ ), применена тиристорная схема управления электродвигателями, увеличена мощность приводов рабочего органа и конвейера. Машина этого типа предназначена для погрузки крупнокусковой горной массы в автосамосвалы грузоподъемностью 35—40 т при проведении различных горных выработок и тоннелей большого сечения.

Погрузочные машины непрерывного действия выпускает ряд зарубежных фирм. Так, например, фирма «Хэглунд» (Швеция) изготавливает погрузочную машину непрерывного действия с нагребающими лапами (рис. 11.6), обеспечивающую надежную погрузку крупнокусковых скальных грузов. Исполнительный орган машины состоит из подъемной рамы 1 и смонтированных на ней двух поворотных рычагов 2. На рычагах 2 шарнирно закреплены две нагребающие лапы 3. Рама, рычаги и лапы приводятся в движение от гидроцилиндров. На машине установлен скребковый конвейер 4, приемная часть которого снабжена управляемыми от гидроцилиндров поворотными закрылками 5. Разгрузочный конец конвейера 4 можно регулировать по высоте. Ходовой механизм 6 выполняют колесно-рельсовым или гусеничным.

Нагребающие лапы могут перемещаться в вертикальной плоскости вперед и назад и поворачиваться в горизонтальной плоскости на  $90^\circ$ . Лапы работают синхронно в автоматическом режиме или независимо одна от другой. Закрылки 5 могут выполнять роль отвала бульдозера, обеспечивая при движении машины подгребание горной массы к забою.

Техническая производительность погрузочной машины фирмы «Хэглунд» составляет  $2 \text{ м}^3/\text{мин}$ , фронт погрузки с одного положения в зависимости от конструкции механизма перемещения (колесно-рельсовый или гусеничный) составляет соответственно 2,85 и 3,4 м.

### **11.3. Особенности конструкций погрузочных машин для проведения выработок с большими углами наклона**

При проведении выработок сверху вниз с углами наклона от  $-3$  до  $-18^\circ$  ( $-25^\circ$ ) для удержания ковшовых машин с колесно-рельсовым механизмом перемещения применяют специальные лебедки, устанавливаемые на машине или вне ее.

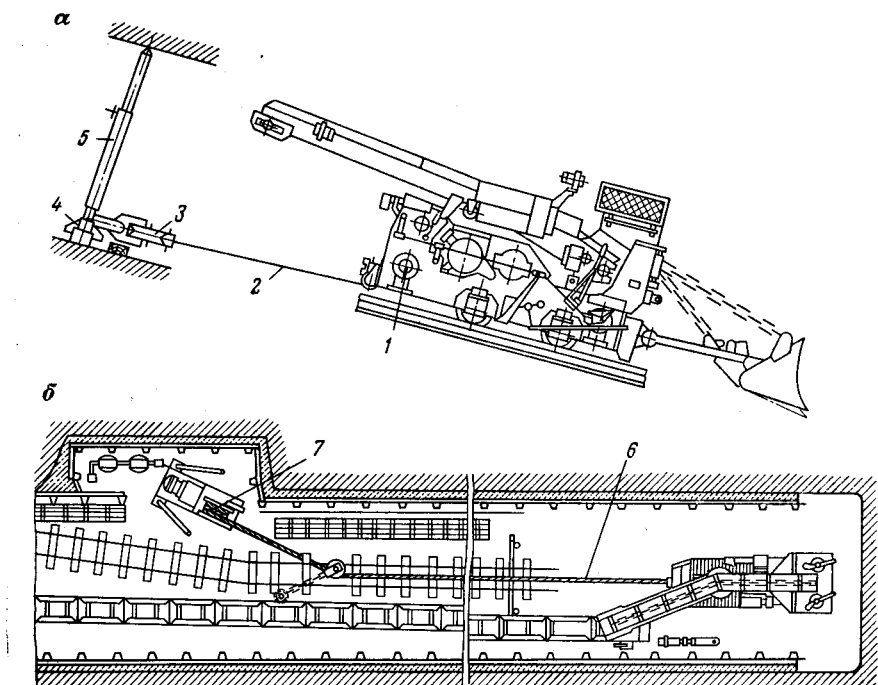


Рис. 11.7. Погрузочные машины ППМ-4у (а) и ПНБ-2у (б)

В ковшовой погрузочной машине ППМ-4у (базовая машина ИПН5) двухбарабанная лебедка 1 (рис. 11.7, а) смонтирована на раме машины. В каждый барабан лебедки встроен фрикционно-планетарный редуктор. Канат 2, с помощью которого машина удерживается на уклоне, переброшен через блок 3 подвесного устройства, а концы каната закреплены на барабанах лебедки 1. Подвесное устройство состоит из установленной между шпалами под рельсами поперечной балки 4 и двух распорных стоек 5, расположенных вне рельсовой колеи. Вагонетка, которая подается к погрузочной машине канатной откаткой, проходит между опорными стойками подвесного устройства. При включении лебедки, приводимой от главного двигателя машины через редуктор и цепную передачу, канаты наматываются на барабаны, обеспечивая подъем машины.

В погрузочных машинах с гусеничным механизмом перемещения для обеспечения работы в наклонных выработках с углами наклона до  $-12 \div -15^\circ$  гусеницы снабжают почвозацепами (шпами). Для использования машины с гусеничным механизмом перемещения в выработках с углами наклона  $-18^\circ$  машину удерживают канатом 6 предохранительной лебедки 7, установленной вне машины (рис. 11.7, б). Такую конструкцию имеют погрузоч-

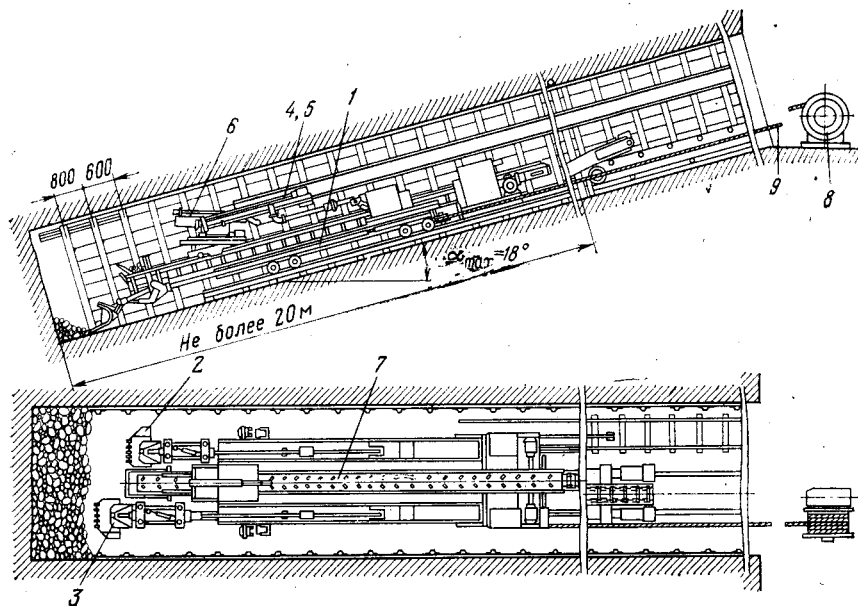


Рис. 11.8. Проходческий комплекс «Сибирь»

ные машины с нагребающими лапами 1ПНБ-2у и 2ПНБ-2у (базовые модели соответственно 1ПНБ-2 и 2ПНБ-2).

В этих же машинах для предотвращения сползания машины вниз в гусеницах предусмотрены усиленные фрикционные тормоза. Управление предохранительной лебедкой выполнено дистанционным и осуществляется с погрузочной машины. Скорость навивки каната на барабан лебедки изменяется автоматически в зависимости от скорости перемещения машины по выработке.

Для проведения наклонных выработок с углами наклона до  $20^\circ$  площадью сечения от  $12 \text{ м}^2$  разработан комплекс «Сибирь» (рис. 11.8), представляющий собой платформу 1 на несамходном колесно-рельсовом механизме перемещения, удерживаемом канатом 9 предохранительной лебедки 8, установленной в нише или у устья проводимой выработки. На платформе смонтированы два рабочих ковшовых органа 2 и 3 с боковой разгрузкой на ленточный конвейер-перегрузчик 7, расположенный между погрузочными ковшовыми органами. В состав комплекса входят две бурильные машины 4 и 5 и крепеукладчик 6.

Погрузочный орган с боковой разгрузкой ковша имеет гидравлическое управление. Вместимость ковша составляет  $0,5 \text{ м}^3$ , общий фронт погрузки для двух ковшей 6 м, техническая производительность комплекса  $1,8\text{—}2 \text{ м}^3/\text{мин}$ .

На рабочей поверхности ленты перегрузчика привулканизированы выступы, обеспечивающие удержание горной массы от сползания при углах наклона до  $25^\circ$ .

#### 11.4. Эксплуатационный расчет погрузочных машин

Основным показателем работы погрузочной машины является ее техническая и эксплуатационная производительность.

Техническая производительность погрузочной машины периодического действия с ковшовым рабочим органом ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ) при непрерывной ее работе

$$Q_{\text{тех}} = 3600V_{\text{к}}k_{\text{з}}k_{\text{ц}}k_{\text{р}}/t_{\text{ц}},$$

где  $V_{\text{к}}$  — геометрическая вместимость ковша,  $\text{м}^3$ ;  $k_{\text{з}}=0,6\div 0,7$  — коэффициент заполнения ковша;  $k_{\text{ц}}=0,6\div 0,8$  — коэффициент, учитывающий изменение цикла погрузки в реальных условиях;  $k_{\text{р}}=0,92\div 0,96$  — коэффициент дополнительного разрыхления горной массы в ковше;  $t_{\text{ц}}$  — длительность одного цикла погрузки, с.

Эксплуатационная производительность ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ) ковшовой погрузочной машины с учетом простоев по технологическим и техническим причинам

$$Q_{\text{э}} = 3600V_{\text{в}} \left/ \left( \frac{V_{\text{в}}t_{\text{ц}}k_{\text{рем}}}{V_{\text{к}}k_{\text{з}}} + \frac{2l}{v_{\text{ср}}} + t_{\text{сц}} + \frac{t_{\text{р}}}{z} \right) \right.,$$

где  $V_{\text{в}}$  — вместимость вагонетки или бункер-вагона,  $\text{м}^3 \div k_{\text{рем}}=1,1$  — коэффициент, учитывающий время, затрачиваемое на ремонт;  $l$  — расстояние от машины до пункта обмена вагонеток, м;  $t_{\text{сц}}$  — время на расцепку вагонов и прицепку к машине, с;  $t_{\text{р}}$  — время между подачами вагонеток под погрузку, с;  $v_{\text{ср}}$  — средняя скорость откатки, м/с;  $z$  — количество вагонеток в составе.

Техническая производительность ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ) погрузочной машины с нагребающими лапами

$$Q_{\text{т}} = 3600V_{\text{л}}k_{\text{з}}n_{\text{л}}/t_{\text{л}},$$

где  $V_{\text{л}}$  — объем горной массы, захватываемой каждой лапой,  $\text{м}^3$ ;  $n_{\text{л}}$  — число нагребающих лап (обычно  $n_{\text{л}}=2$ );  $t_{\text{л}}$  — время цикла движения лапы, с.

Эксплуатационная производительность ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ) погрузочной машины непрерывного действия

$$Q_{\text{э}} = 3600V_{\text{в}} \left/ \left( \frac{V_{\text{в}}t_{\text{л}}k_{\text{рем}}}{V_{\text{л}}n_{\text{л}}k_{\text{з}}} + \frac{2l}{v_{\text{ср}}} + t_{\text{сц}} + \frac{t_{\text{р}}}{z} \right) \right..$$

Необходимая эксплуатационная производительность ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ) погрузочной машины непрерывного действия, обслуживающей несколько самоходных транспортных машин,

$$Q_{\text{э}} = 3600V_{\text{куз}}k_{\text{з.к}}/(t_{\text{пог}} + t_{\text{зам}}),$$

где  $V_{\text{куз}}$  — вместимость кузова самоходной машины, например автосамосвала,  $\text{м}^3$ ;  $k_{\text{з.к}}=0,85\div 0,9$  — коэффициент заполнения кузова;  $t_{\text{пог}}$  — время погрузки одной машины, с;  $t_{\text{зам}}$  — время, затрачиваемое на замену одной самоходной машины под погрузкой, с.

Институтом КузНИИшахтострой предложена следующая формула для определения эксплуатационной производительности  $Q_э$  ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ) погрузочных машин:

$$Q_э = 60 Q_т k_n k_d k_c k_b k_t,$$

где  $Q_т$  — техническая производительность погрузочной машины,  $\text{м}^3/\text{мин}$ ;  $k_n$  — коэффициент, учитывающий неравномерность разброса горной массы ( $k_n=0,7$  для ковшовых машин и  $k_n=0,8$  — для машин с нагребающими лапами);  $k_d$  — коэффициент дробимости (например, для аргиллита и алевролита  $k_d=1$ ; для песчаника  $k_d=0,7$ );  $k_c$  — коэффициент совместной работы погрузочных машин в одном забое ( $k_c=1$  — для одной машины,  $k_c=0,85$  — для двух машин);  $k_b$  — коэффициент, учитывающий площадь поперечного сечения проводимой выработки, равный 0,75; 0,8 и 0,88 для сечений соответственно 7—10, 11—12 и 12—23  $\text{м}^2$ ;  $k_t$  — коэффициент, учитывающий вид призабойного транспорта и средства обмена вагонеток, значения которого приведены ниже:

Откатка в вагонетках ВГ-3,3 электровозом (расстояние до разминовки 50—100 м) . . . . .	0,51
Перегрузатель для партии вагонеток, откатка электровозом . . . . .	0,75
Конвейерный транспорт . . . . .	0,85
Откатка одиночных вагонеток до перекатной платформы . . . . .	0,65

Криворожским филиалом ВНИИОМШСа проведены исследования по влиянию кусковатости на время погрузки горной массы и на производительность погрузочной машины типа ППН-3. Экспериментально было установлено, что при изменении кусковатости от 100 до 500 мм время погрузки 1  $\text{м}^3$  горной массы колеблется соответственно от 1 до 2,3 мин, а производительность с увеличением кусковатости снижается примерно в два раза, что вызвано увеличением времени зачерпывания и уменьшением коэффициента заполнения ковша.

Сила (Н) внедрения ковша в горную массу

$$P_{вн} = 1000 [G_м \psi - (G_м + G_в) (\omega \cos \beta \pm \sin \beta)] g,$$

где  $G_м$  и  $G_в$  — масса соответственно погрузочной машины и прикрепленной к ней вагонетки, т;  $\psi$  — коэффициент сцепления колес машины с рельсами;  $\omega$  — коэффициент сопротивления перемещению машины;  $\beta$  — угол наклона проводимой выработки, градус.

Если пренебречь сопротивлением самой машины, то необходимая масса (т) погрузочной машины

$$G_м = P_{вн}/1000\psi g.$$

Силу внедрения ковша  $P_{вн}$ , зависящую от многих факторов, определяют экспериментальным путем.

ИГД им. А. А. Скочинского совместно с Новочеркасским политехническим институтом разработана методика выбора оптимальных параметров с использованием ЭВМ ковшовой погрузочной машины с боковой разгрузкой. В качестве целевой функции принята производительность машины. Система ограничений, вытека-



ющая из условий применения машины и функциональных связей для конкретной конструктивной схемы, включает ресурс мощности главного привода, заданные габаритные размеры проводимой выработки и предельные соотношения, накладываемые механизмами внедрения и зачерпывания. Разработанный алгоритм позволяет определить основные параметры ковшовой погрузочной машины с помощью микроЭВМ.

### 11.5. Эксплуатация погрузочных машин

Задачами эксплуатации погрузочных машин являются правильный выбор типа машины, обеспечение наибольшей производительности при рациональном сочетании с различными видами призабойного транспорта, а также обеспечение регулярного технического обслуживания и соблюдение правил безопасности.

Выбор типа погрузочной машины зависит от площади поперечного сечения и угла наклона проводимой выработки, крепости пород и кусковатости отбитой горной массы. При этом средства транспорта и организация работ в подготовительном забое должны обеспечивать максимально возможный коэффициент использования погрузочной машины во времени, так как с увеличением эксплуатационной производительности значительно снижаются эксплуатационные затраты.

Одним из ограничивающих факторов при выборе машин непрерывного действия являются крепость пород и кусковатость горной массы. Практически установлено, что при погрузке пород крепостью  $f_k > 10$  машины с нагребующими лапами работают ненадежно, происходят заклинивание лап, выход из строя подшипников, поломка зубьев шестерен редуктора, обрыв цепи скребкового конвейера. Если же крепость пород не является лимитирующим фактором, то при выборе типа машины предпочтение следует отдавать погрузочным машинам с нагребующими лапами, как обеспечивающим большую производительность и лучшие условия труда машиниста, который дистанционно управляет погрузкой и находится вне машины на почве выработки. Однако необходимо учитывать, что большое количество мелочи в горной массе, особенно в обводненных забоях, ведет к снижению производительности машины с нагребующими лапами.

При крепких породах и выборе ковшовой погрузочной машины предпочтение следует отдавать машинам с боковой разгрузкой ковша, так как они могут работать в выработках меньшего поперечного сечения, чем машины с задней разгрузкой ковша, хорошо сочетаются с различными транспортными средствами и обеспечивают механизацию таких вспомогательных работ, как доставка материалов в призабойную зону, использование манипуляторов ковша при бурении.

При использовании рельсового транспорта эксплуатационная производительность погрузочной машины зависит от способа обмена вагонеток и вместимости их кузова. Если погрузку произво-

дят в одиночные вагонетки, то с уменьшением времени, затрачиваемого на обмен одной вагонетки, эксплуатационная производительность машины значительно возрастает.

При применении перегружателей себестоимость погрузки в состав вагонеток по сравнению с погрузкой в одиночные вагонетки снижается в 1,5 раза при использовании погрузочных машин периодического действия и в 1,8—2 раза — при использовании машин непрерывного действия.

Наибольшая эксплуатационная производительность погрузочных машин обеспечивается при использовании проходческих бункер-вагонов и бункер-поездов, которые могут принять без остановки работы погрузочной машины всю горную массу, отбитую за один буровзрывной цикл.

Выбор типа погрузочной машины для загрузки самоходных транспортнх установок зависит от соотношения обеспечиваемой машиной высоты загрузки и высоты расположения кузова транспортнх установок, а также их грузоподъемности. Для загрузки самоходных вагонов грузоподъемностью свыше 5 т и автосамосвалов при соответствующих крепости и кусковатости горных пород следует применять погрузочные машины непрерывного действия.

Погрузочные машины непрерывного действия целесообразно использовать в угольных шахтах в сочетании с конвейерным транспортом, обеспечивающим высокие производительность и коэффициент использования погрузочной машины.

Основными условиями надежной и безаварийной работы погрузочных машин являются их своевременное техническое обслуживание и ремонт.

Для погрузочных машин системой технического обслуживания предусмотрены ежесменные и периодические осмотры, проводимые через каждые 7—10 дней.

Ежесменные осмотры, проводимые машинистом погрузочной машины, включают в себя проверку состояния крепления узлов основных механизмов, контроль за уровнем масла в гидросистеме и редукторах и другие мероприятия. На ежесменный осмотр машины отводится 30 мин.

Периодический осмотр осуществляется машинистом совместно со слесарем по ремонту. Во время периодического осмотра производят ревизию основных узлов, устраняют неисправности, заменяют масло в редукторах. Длительность периодического осмотра машины — около 2 ч.

Возникающие в процессе работы неисправности машины, их устранение и перечень выполненных работ заносятся в специальный журнал, который должен находиться на каждой машине.

Текущий ремонт, выполняемый бригадой слесарей, состоит из частичной разборки машины с заменой изношенных деталей, а также работ, входящих в периодические осмотры. Текущий ремонт выполняют в подземных мастерских.

Первый капитальный ремонт производят после выработки ресурса по погрузке горной массы, который для ковшовых машин в

зависимости от их типа составляет 2,5—7,2 тыс. м<sup>3</sup>, а для машин с нагребающими лапами — 17,8—60 тыс. м<sup>3</sup> (по данным института ЦНИИподземмаш). Капитальный ремонт производят в мастерских на поверхности.

Во время работы погрузочных машин в забое должны строго соблюдаться правила безопасности. Необходим постоянный контроль за содержанием пыли в воздухе, уровнем шума и вибрации, освещением и креплением выработок. На машинах с пневмоприводом необходимо тщательно следить за креплением подводящего шланга на машине и магистральном трубопроводе, а на погрузочных машинах с электрическим приводом — за состоянием заземления машины, а также за оросительной системой. Запрещается наезжать машиной на силовую кабель или воздухоподводящий рукав, производить работы и ремонт под ковшом, находящимся в приподнятом положении без надежного его стопорения.

## **12. САМОХОДНЫЕ ПОГРУЗОЧНО-ТРАНСПОРТНЫЕ И ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ**

### **12.1. Погрузочно-транспортные машины**

Погрузочно-транспортные машины по конструктивному исполнению разделяют на два основных типа: с совмещенным погрузочно-транспортным ковшом (тип ПД), загружающимся за одно или несколько черпаний и служащим для транспортирования горной массы; с ковшовым исполнительным погрузочным органом и транспортным кузовом (тип ПТ), загружаемым за несколько черпаний ковшом, расположенным на самой машине.

Погрузочно-транспортные машины типа ПД обеспечивают фронтальную (переднюю) или боковую разгрузку ковша, типа ПТ — заднюю разгрузку ковша.

Погрузочно-транспортные машины типа ПД имеют в основном дизельный привод. В настоящее время разрабатываются и внедряются машины этого типа с электроприводом. Машины типа ПТ оснащены пневмоприводом. Механизм перемещения погрузочно-транспортных машин — пневмошинный.

Кроме перечисленных в 10.1 преимуществ самоходных машин погрузочно-транспортные машины обеспечивают: одновременное выполнение функций погрузки, транспортирования и разгрузки одной машиной, т. е. заменяют комплекс, состоящий из двух машин — погрузочной и транспортной; возможность использования их на вспомогательных операциях по зачистке почвы, оборудованию дорог, доставке вспомогательных грузов в забой в ковше или кузове.

Рациональная длина транспортирования машин типа ПД с дизельным приводом составляет 250—300 м. Углы наклона выработок, по которым производится транспортирование горной массы, равны 10—15°. Перегон может осуществляться по выработкам с углом наклона до 20°. Минимальные радиусы закругле-

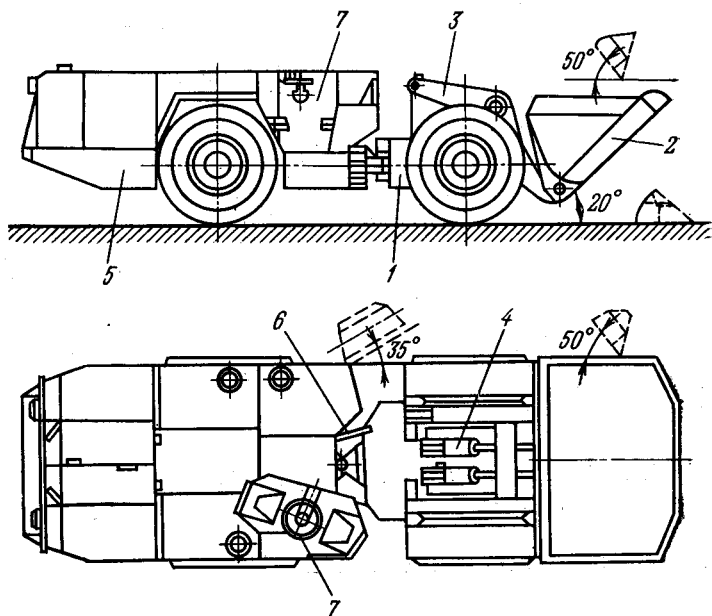


Рис. 12.1. Погрузочно-транспортная машина типа ПД

ния составляют 8—10 м, кусковатость транспортируемой горной массы в зависимости от вместимости ковша — до 1000 мм.

Погрузочно-транспортные машины с грузонесущим ковшом применяют для погрузки и транспорта крупнокусковых скальных, абразивных грузов, машины с ковшом и кузовом — для горной массы с меньшей крупностью кусков и меньшей абразивностью.

Наибольшее распространение получили погрузочно-транспортные машины типа ПД с погрузочно-транспортным ковшом с шарнирно-сочлененной рамой (рис. 12.1). На передней полураме 1 шасси расположен погрузочный орган, включающий в себя ковш 2, стрелу 3, рычажной механизм и силовые гидроцилиндры 4 (два для подъема стрелы и два для поворота ковша). На задней полураме 5 расположены дизельный двигатель, трансмиссия, гидропривод погрузочного органа, механизм поворота машины 6 и кабина 7.

В погрузочно-транспортных машинах применяют дизельный двигатель с водяным или воздушным охлаждением с впуском воздуха в рабочие цилиндры под давлением — наддувом. В отработавших газах дизельных двигателей содержатся продукты неполного сгорания, из которых наиболее вредными являются окись углерода, окислы азота, альдегиды, окислы серы и сажа. Для снижения содержания вредных компонентов до санитарных норм на машинах с дизельным двигателем устанавливают комбинированную систему очистки отработавших газов, состоящую из каталитического и жидкостного нейтрализаторов. Выхлопные газы

из рабочих цилиндров двигателя вначале поступают в каталитический нейтрализатор, представляющий собой цилиндр, в котором находятся алюминиоплатиновые элементы (гранулы из окиси алюминия, покрытые платиновой пленкой). В каталитическом нейтрализаторе происходит окисление горючих компонентов отработавших газов и обеспечивается дожигание окиси углерода и альдегидов.

Из каталитического нейтрализатора отработавшие газы поступают в жидкостный нейтрализатор, представляющий собой сосуд, разделенный на несколько отсеков и заполненный водой или химическим раствором. При прохождении отработавших газов через слой воды происходит снижение содержания окислов серы и азота, альдегидов, улавливание сажи и охлаждение газов, выпускаемых в рудничную атмосферу. Однако после двойной очистки не происходит полностью снижение некоторых вредных компонентов до санитарных норм, поэтому в выработки, где работают самоходные машины с дизельным двигателем, подают свежий воздух из расчета не менее  $6,8 \text{ м}^3/\text{мин}$  на 1 кВт мощности двигателя.

На некоторых зарубежных погрузочно-транспортных машинах с дизельным двигателем для работы в труднопроветриваемых выработках устанавливают бортовые вентиляционные системы, представляющие собой вытяжные вентиляторы у выхода из трубы отработавших газов. Благодаря этому снижается концентрация вредных компонентов, и, кроме того, поток отработавших газов отбрасывается на значительное расстояние от машины. Такие бортовые установки применяют самостоятельно или чаще в комбинации с каталитическим нейтрализатором.

Погрузочно-транспортные машины с дизельным приводом оборудованы противопожарной системой, при включении которой из баллонов поступает углекислота во всасывающий и выхлопной коллекторы двигателя и в распылители, направленные в топливный бак и другие пожароопасные зоны.

Гидромеханическая трансмиссия машины, включающая в себя гидротрансформатор, обеспечивает автоматическое изменение тягового усилия на ведущих колесах и скорости в зависимости от сопротивления движению машины. Два ведущих моста с дифференциалами, распределяющими крутящий момент на колеса в зависимости от сцепления с почвой выработки, а также самоблокирующий дифференциал переднего моста создают машине необходимое напорное усилие при внедрении ковша в горную массу. Передний мост машины крепится к полураме жестко, а задний — балансирно, что обеспечивает постоянный контакт всех колес машины с почвой выработки.

Эластичные пневматические шины в основном камерного типа обеспечивают амортизацию динамических нагрузок в элементах машины. Давление воздуха в шинах составляет  $0,5\text{--}0,8 \text{ МПа}$ . Покрышки шин имеют крупный протекторный рисунок с глубокой поперечной нарезкой. Для увеличения долговечности и пре-

дохранения протектора от износа применяют защитные цепи, покрывающие сплошным панцирем протектор шин и обеспечивающие увеличение их срока службы в 5—8 раз.

Рулевое управление машины с шарнирно-сочлененной рамой состоит из рулевого механизма с усилителем и двух гидроцилиндров поворота, корпуса которых соединены шарнирно с задней полурамой, а головки штоков — шарнирно с кронштейнами передней полурамы.

Тормозная система машины состоит из рабочих и стояночных тормозов колодочного или дискового типа с гидравлическим управлением. Рабочая тормозная система выполнена нормально замкнутой, что обеспечивает затормаживание машины при обрыве шланга гидропривода.

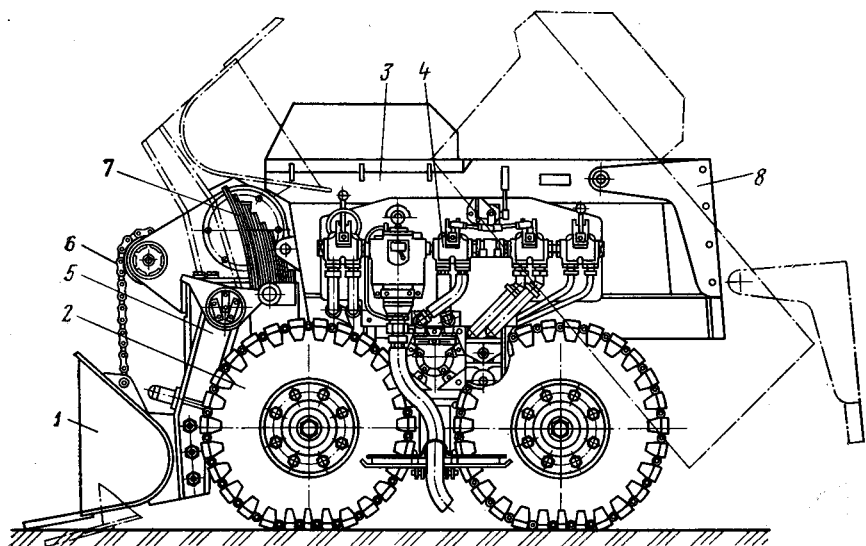
Кабина, в которой размещены педали и рычаги управления движением машины и рабочего органа, пульт с контрольно-измерительными приборами и сиденье машиниста, может быть выполнена закрытой со съемной верхней частью или открытой каркасной конструкции с козырьком или дугой безопасности. Сиденье водителя, поддрессоренное и регулируемое по массе и росту машиниста, обеспечивает ему комфортные условия работы. Сиденье, педали и рычаги управления расположены в кабине таким образом, что при челноковом движении машины машинист располагается лицом перпендикулярно к оси машины или под углом до  $35^\circ$  к продольной оси машины в сторону рабочего органа.

Для уменьшения шума и вибрации в кабине на рабочем месте машиниста все шумогенерирующие агрегаты закреплены на вибропоглощающих резинометаллических опорах.

Управление процессом черпания осуществляется как вручную рукоятками подъема стрелы и поворота ковша, так и в автоматическом режиме, что позволяет уменьшить время заполнения ковша, снизить буксование колес и облегчить работу машиниста.

Для обеспечения безопасности работы в опасных забоях разработаны системы дистанционного управления погрузочно-транспортными машинами, при использовании которых машинист находится вне машины в безопасном месте с хорошим обзором черпания. Например, система радиуправления компании «Сантел Ой» (Финляндия) состоит из микропроцессора, радиопередатчика, приемника, пульта управления и соответствующего оборудования на погрузочно-транспортной машине. Разрабатываются отечественные системы дистанционного управления погрузочно-транспортными машинами с помощью инфракрасных лучей.

При проведении горных выработок небольшой длины, в основном в рудных шахтах, применяются погрузочно-транспортные машины с ковшовым погрузочным органом и транспортным кузовом (типа ПТ), оборудованные пневмоприводом. Машина такого типа (рис. 12.2) состоит из ковшового погрузочного органа 1 с нижним черпанием, пневмошинного механизма передвижения 2, кузова 3 и системы управления 4. Ковш закреплен на шарнирной рукояти 5 и поднимается пластинчатой цепью 6 от лебедки,



*Рис. 12.2.* Погрузочно-транспортная машина ПТ-4 привод которой осуществляется от поршневого пневмодвигателя через планетарный редуктор. Рессоры 7 служат для амортизации ударов рукояти 5 при разгрузке ковша в кузов 3. Кузов 3 разгружается опрокидыванием назад от пневмоцилиндра, при этом одновременно откидывается задний борт 8.

Четыре колеса механизма передвижения машины являются ведущими, благодаря чему обеспечивается ее высокая проходимость, большое напорное усилие при внедрении ковша в горную массу. В машине применен бортовой привод от пневмодвигателей. Каждые два колеса, переднее и заднее, кинематически соединены бортовым редуктором. Благодаря такой конструкции механизма передвижения возможен разворот машины на месте путем вращения колес каждого борта в разные стороны. Остановка машины производится отключением пневмодвигателей, а торможение — противовключением.

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

Отечественной промышленностью выпускаются погрузочно-транспортные машины типа ПД с грузоподъемностью ковша 2, 3, 5, 8 и 12 т и типа ПТ с грузоподъемностью кузова 2, 5, 4, 6, 10 и 16 т (в обозначениях машин грузоподъемность соответственно ковша или кузова в тоннах указывается после буквенного обозначения, например, ПД-5 или ПТ-4). Заводами серийно изготавливаются машины ПД-3, ПД-5, ПД-8 и ПТ-4, разрабатываются ПД-2, ПД-12 и ПТ-16. Машины выпускаются в соответствии с сов-

ременными требованиями надежности и технологичности изготовления, эргономики, технической эстетики, техники безопасности и удобства обслуживания и имеют высокую маневренность, большое тяговое усилие с возможностью преодоления уклонов с подъемом до 18°. Для машин типа ПД предусмотрены основной и сменный ковши, причем основной ковш рассчитан на погрузку горной массы плотностью в разрыхленном состоянии 2 т/м<sup>3</sup>, а сменный — меньшей или большей плотности. Максимальная скорость передвижения 18—30 км/ч, средняя 7—12 км/ч. Скорость передвижения машин с пневмоприводом не более 4,5—5 км/ч.

#### Основные параметры погрузочно-транспортных машин

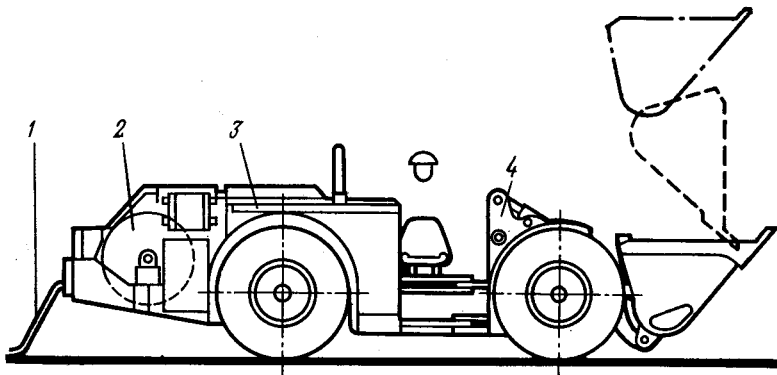
	пд-3	пд-5	пд-8	пд-12	пт-4	пт-6
Грузоподъемность, т . . . . .	3	5	8	12	4	6
Вместимость ковша, м <sup>3</sup> :						
основного . . . . .	1,5	2,5	4,0	6,0	0,2	0,5
сменного . . . . .	1,0	1,5	3,0; 4,5	4,5; 8,0	—	—
Вместимость кузова, м <sup>3</sup> . . . . .	—	—	—	—	1,5	2,5
Основные размеры, мм:						
длина . . . . .	7300	7850	9000	9600	3350	4750
ширина . . . . .	1600	1900	2500	2500	1800	2360
высота (по кабине) . . . . .	1840	2240	2500	2500	2120	2120
Наибольшая высота при разгрузке ковша, мм . . . . .	1600	1800	2300	2400	2240	2800
Привод . . . . .		Дизельный			Пневматический	
Мощность привода, кВт . . . . .	90	110	140	185	67	96
Масса, т . . . . .	11	13,5	22,4	28	7	10
Площадь сечения проводимой выработки, м <sup>2</sup> . . . . .	5—7	7—9	9—12	12—14	7—9	9—12

За рубежом погрузочно-транспортные машины выпускают фирмы «Вагнер» и «Эймко» (США), «Гутенхоффнунгсхотте» (ФРГ), «Атлас-Копко» (Швеция), «Джарви Кларк» (Канада), «Тамрок» (Финляндия), «Екипман минье» (Франция) и др. Вместимость ковша варьируется от 0,78 до 10 м<sup>3</sup>, мощность привода — от 30 до 300 кВт.

На большинстве зарубежных машин установлены дизельный двигатель с воздушным охлаждением, гидромеханическая трансмиссия, двойная система нейтрализации выхлопных газов. Для увеличения долговечности шин широко применяют защитные цепи фирмы Эрлау (ФРГ). Выпускаются машины с дистанционным управлением по радио.

В последнее время некоторые зарубежные фирмы начали выпуск погрузочно-транспортных машин с электрическим приводом, которые находят все более широкое применение при проведении выработок. Преимущества этих машин по сравнению с машинами с дизельным двигателем следующие — отсутствие выхлопных газов, снижение уровня шума, уменьшение выделения тепла, большая надежность в работе, простота управления, снижение затрат на ремонт, а также значительное снижение количества подаваемого воздуха на проветривание. Недостатки — меньшая манев-





*Рис. 12.3.* Погрузочно-транспортная машина с электроприводом:

1 — кабель; 2 — кабельный барабан; 3 и 4 — соответственно задняя и передняя полурамы

ренность ввиду наличия питающего кабеля, а также меньшие длина транспортирования и скорость (в среднем 6—12 км/ч, на некоторых машинах до 20 км/ч).

На погрузочно-транспортных машинах с электропроводом (рис. 12.3) установлены двигатели переменного или постоянного тока, гидромеханическая трансмиссия, кабельный барабан с запасом плоского кабеля до 200—240 м. Натяжение кабеля автоматически поддерживается независимо от скорости движения машины. Большое распространение получают машины с питанием по кабелю от общешахтной сети и с преобразованием переменного тока в постоянный непосредственно на машине.

Погрузочно-транспортные машины с электроприводом имеют вместимость ковша от 0,75 до 6,0 м<sup>3</sup>, мощность привода — от 22 до 200 кВт.

## 12.2. Самоходные транспортные машины

Основную группу самоходных транспортных машин для перемещения горной массы составляют автосамосвалы и самоходные вагоны.

Автосамосвалы, используемые для проведения горных выработок большого сечения и тоннелей, оборудованы дизельным приводом и опрокидным кузовом и только некоторые типы зарубежных автосамосвалов — телескопическим кузовом, в котором разгрузка горной массы осуществляется выталкиванием при выдвигании стенки кузова.

Отличительной особенностью самоходного вагона является конструкция кузова, в днище которого встроен скребковый конвейер, предназначенный для распределения по кузову горной массы при погрузке и разгрузке. Привод самоходного вагона обычно электрический с питанием по кабелю, реже — дизельный.

Автосамосвалы по сравнению с самоходными вагонами имеют значительно большую скорость движения, более простую конст-

рукцию кузова, большую маневренность и меньшее время разгрузки. Производительность автосамосвалов при одинаковой вместимости кузова и дальности транспортирования значительно выше, чем самоходных вагонов. Преимуществом самоходных вагонов является малая высота разгрузки.

Основная область применения подземных автосамосвалов при строительстве горных предприятий — транспорт горной массы при проведении выработок большого сечения и тоннелей, а самоходных вагонов — использование в комплексе с проходческим комбайном и бункер-перегрузателем.

Подземный автосамосвал (рис. 12.4) состоит из тягача 1 и полуприцепа 3, соединенных между собой двойным шарниром 2, допускающим поворот тягача относительно полуприцепа на  $45^\circ$  в обе стороны и прохождение кривых радиусом 7—8 м. Колесная формула автосамосвала обычно  $4 \times 2$ , реле  $4 \times 4$  (первая цифра указывает общее количество колес, вторая — число приводных колес).

Отечественной промышленностью серийно выпускаются подземные автосамосвалы МоАЗ-7405-9586 грузоподъемностью 22 т (взамен МоАЗ-6401-9585 грузоподъемностью 20 т). Дизельный двигатель мощностью 140 кВт снабжен каталитической и жидкостной системами очистки отработавших газов. Гидромеханическая трансмиссия выполнена с автоматической блокировкой гидротрансформатора, т. е. при заблокированном гидротрансформаторе передача работает как обычная механическая, при этом к.п.д. передачи повышается. Автоматическое включение блокировки осуществляется в зависимости от частоты вращения коленчатого вала двигателя при смене дорожных условий. Гидромеханическая реверсивная коробка передач обеспечивает четыре скорости движения вперед и четыре — назад, что позволяет использовать автосамосвал при его движении по челноковой схеме.

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

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

Максимальная скорость перемещения автосамосвала типа МоАЗ до 40 км/ч. На уклоне до  $10^\circ$  скорость груженого самосва-

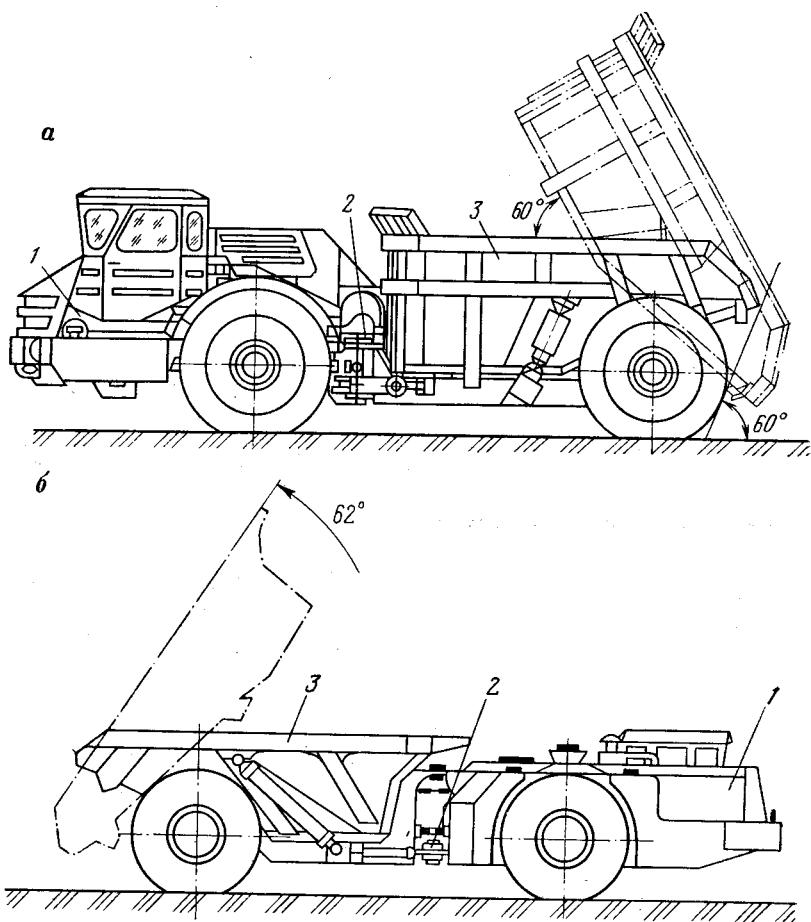


Рис. 12.4. Подземные автосамосвалы:

а — отечественный МоАЗ-7405-9586 грузоподъемностью 22 т; б — зарубежный

ла составляет 4—6 км/ч. Габаритные размеры (8610×2850××2630 мм) позволяют использовать его в выработках сечением не менее 4×3 м. В настоящее время разрабатывается отечественный подземный автосамосвал грузоподъемностью 35 т.

Подземные автосамосвалы выпускают многие зарубежные фирмы. Так, например, фирма «Кируна Трак» (Швеция) производит автосамосвалы грузоподъемностью 21 и 42 т, фирма «ГХХ Штеркраде» (ФРГ) — грузоподъемностью от 3,5 до 55 т, фирма «Вагнер» (США) — от 18 до 40 т с опрокидным кузовом и с телескопической выдвигающейся частью кузова. Фирмы «Блоу Нокс» (Франция), «Джарвис Кларк» (Канада), «ДЖБ Инженеринг Лтд» (Великобритания) и другие производят подземные автосамосвалы грузоподъемностью от 10 до 50 т.

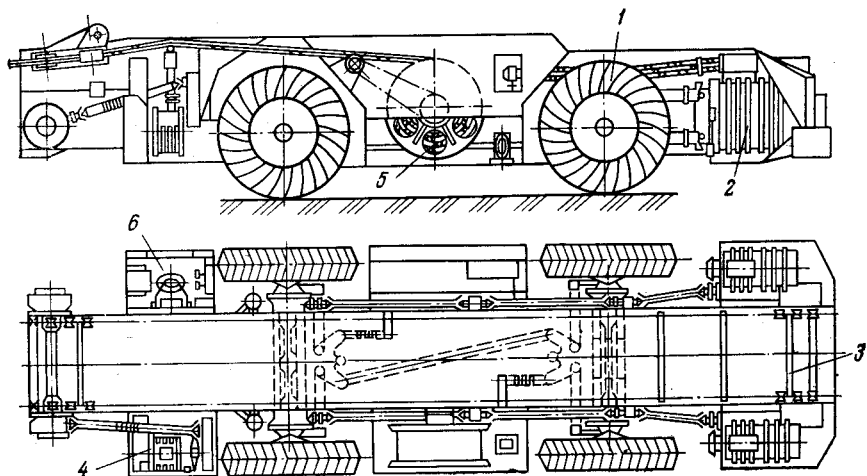


Рис. 12.5. Самоходный вагон 5BC15M

Самоходный вагон (рис. 12.5) состоит из самоходного шасси 1 со всеми ведущими и управляемыми колесами, электропривода бортовых колес 2, кузова с донным скребковым конвейером 3, электропривода 4, конвейера и системы управления 6. Питание вагона с электроприводом осуществляется по гибкому кабелю длиной до 200 м, наматываемому на кабельный барабан 5 с кабелеукладчиком, что позволяет перемещать вагон на расстояние до 400 м (по 200 м на каждую сторону от точки закрепления кабеля).

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

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

Донный скребковый конвейер обычно имеет две пластинчатые цепи с шагом 50—80 мм. Шаг скребков 400—500 мм, скорость движения цепи 0,2—0,3 м/с. В вагонах с электрическим приводом движение на приводной вал скребкового конвейера передается через редуктор и карданный вал от самостоятельного двигателя. Высота разгрузочной головки скребкового конвейера регулирует-

ся гидроцилиндрами. Расположение рулевого управления в кабине позволяет водителю свободно управлять вагоном при его челноковом движении.

Согласно типовому ряду, отечественные самоходные вагоны типа ВС имеют грузоподъемность 5, 10, 15, 20 и 25 т. Наибольшее распространение получили вагоны 5ВС15М (см. рис. 12.5) грузоподъемностью 15 т. Скорость движения груженого вагона по горизонтальному пути — до 8,5 км/ч, максимальный преодолеваемый уклон — 15°, высота разгрузки 430—1445 мм, минимальный радиус поворота 7,5 м, габаритные размеры 8200×2500×1500 мм. Разгрузка вагона может производиться на конвейер, в вагонетки, в рудоспуск. Разработан и испытан самоходный вагон 1ВС5 грузоподъемностью 5 т. В принципе конструкция этого вагона аналогична конструкции 5ВС15М. Установленная мощность электродвигателей вагона 1ВС5 составляет 59 кВт, скорость движения на первой и второй передачах соответственно 3,5 и 7 км/ч, габаритные размеры 6700×1900×1200 мм.

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

### 12.3. Эксплуатационный расчет

Задачей эксплуатационного расчета самоходных погрузочно-транспортных и транспортных машин является определение производительности и числа машин, обеспечивающих бесперебойное транспортирование горной массы из одного или нескольких подготовительных забоев, а также тяговый расчет транспортной машины.

Исходными данными для расчета самоходных транспортных машин являются: схема транспортирования, план и профиль трассы, число забоев и их производительность, свойства горной массы, характеристика средств погрузки и другие факторы.

Эксплуатационная производительность погрузочно-транспортной машины в тоннах за смену

$$Q_s = \frac{3600V k'_3 T_{см} \gamma k_u}{t_n + t_{дв} + t_{раз}},$$

где  $V$  — вместимость грузонесущего органа, кузова или ковша, м<sup>3</sup>;  $T_{см}$  — длительность смены, ч;  $\gamma$  — плотность горной массы, т/м<sup>3</sup>;  $t_n$ ,  $t_{дв}$  и  $t_{раз}$  — время соответственно загрузки грузонесущей емкости, движения машины от забоя до пункта разгрузки и обратно и разгрузки, с;  $k'_3$  — коэффициент заполнения грузонесущей емкости;  $k_u$  — коэффициент использования машины во времени.

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

$$t_n = \xi V_{куз} t_{ц} k_{ман} / V_k k_3,$$

где  $V_{куз}$  и  $V_k$  — геометрическая вместимость соответственно кузова и ковша, м<sup>3</sup>;  $t_{ц}$  — время цикла черпания погрузочным ковшом, с;  $\xi = 1,15 \div 1,2$  — коэффициент, учитывающий время, затрачиваемое

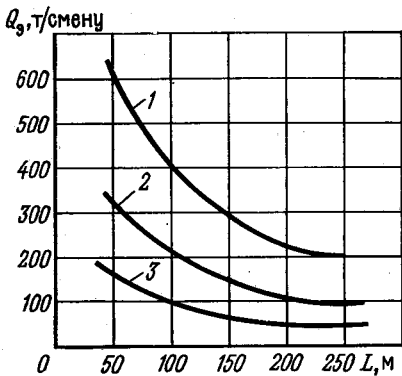


Рис. 12.6. График зависимости производительности  $Q_3$  погрузочно-транспортной машины с грузонесущим ковшем грузоподъемностью 4 т (кривая 1); 7,3 т (кривая 2) и 12 т (кривая 3) от дальности транспортирования  $L$

мое на разборку негабарита в забое;  $k_{ман}=1,3$  — коэффициент, учитывающий время на маневры машины в забое;  $k_3$  — коэффициент заполнения ковша.

Время загрузки ( $c$ ) для машин с грузонесущим ковшем

$$t_{п} = \zeta t'_{ц} k_{ман},$$

где  $t'_{ц}$  — время цикла черпания грузонесущим ковшем, с. Обычно  $t'_{ц}=50$  с.

Время загрузки машин с грузонесущим кузовом значительно больше времени загрузки машины с грузонесущим ковшем.

Время движения машины ( $c$ )

$$t_{дв} = 3600L \left( \frac{1}{v_{гр}} + \frac{1}{v_{п}} \right) k_{дв},$$

где  $L$  — длина транспортирования, км;  $v_{гр}$  и  $v_{п}$  — скорость движения соответственно груженой и порожней машины, км/ч. В забое обычно  $v_{гр}=6$  км/ч и  $v_{п}=8$  км/ч;  $k_{дв}=1,25 \div 1,3$  — коэффициент, учитывающий неравномерность движения машины.

Время разгрузки машины  $t_{раз}=30 \div 40$  с.

Эксплуатационная производительность в тоннах за смену погрузочно-транспортной машины с ковшем и кузовом

$$Q_3 = \frac{3600V_{куз} k_3' T_{см} \gamma k_{и}}{\zeta \frac{V_{куз} t_{ц}}{V_{к} k_3} k_{ман} + 3600L \left( \frac{1}{v_{гр}} + \frac{1}{v_{п}} \right) k_{дв} + t_{раз}}$$

Для машины с грузонесущим ковшем

$$Q_3 = \frac{3600V_{к} k_3 T_{см} \gamma k_{и}}{\zeta t'_{ц} k_{ман} + 3600L \left( \frac{1}{v_{гр}} + \frac{1}{v_{п}} \right) k_{дв} + t_{раз}}$$

Для крепких пород можно принимать коэффициент заполнения ковша  $k_3=0,75$ , кузова  $k_3'=0,9$ .

При одинаковой грузонесущей способности эксплуатационная производительность машин с грузонесущим ковшем значительно больше производительности машин с грузонесущим кузовом.

На рис. 12.6 показана зависимость эксплуатационной производительности  $Q_3$  погрузочно-транспортной машины с грузонесущим ковшем в зависимости от дальности транспортирования  $L$ .

Эксплуатационная производительность  $Q_3$  в тоннах за смену автосамосвала или самоходного вагона

$$Q_3 = 60V_{\text{куз}} k_{3.к} \gamma T_{\text{см}} k_{\text{н}} / t_{\text{р}} k_{\text{н}},$$

где  $k_{\text{н}}$  — коэффициент неравномерности грузопотока, равный 1,5 и 1,25 соответственно при отсутствии или наличии аккумулирующей емкости;  $t_{\text{р}}$  — продолжительность одного рейса, мин;  $k_{3.к}$  — коэффициент заполнения кузова. Для самоходных вагонов  $k_{3.к} = 0,8$ ; для автосамосвалов  $k_{3.к} = 0,95$ .

Продолжительность рейса (мин)

$$t_{\text{р}} = t_{\text{п}} + t_{\text{раз}} + t_{\text{гр}} + t_{\text{пор}} + t_{\text{м.з}} + t_{\text{м.р}} + t_{\text{разм}}.$$

Время  $t_{\text{п}}$ , затрачиваемое на погрузку машины, зависит от ее грузоподъемности и производительности средств погрузки. В подземных условиях для загрузки транспортных машин применяют погрузочные машины периодического или непрерывного действия, ковшовые погрузчики, экскаваторы.

При работе с погрузчиком с ковшовым рабочим органом время погрузки (мин)

$$t_{\text{п}} = V_{\text{куз}} k_{3.к} t_{\text{ц}} / 60V_{\text{к}} k_{3.к},$$

где  $t_{\text{ц}}$  — продолжительность цикла средств погрузки, с.

При работе комплекса с погрузочной машиной непрерывного действия время погрузки (мин)

$$t_{\text{п}} = V_{\text{куз}} k_{3.к} / Q_{\text{н}},$$

где  $Q_{\text{н}}$  — производительность погрузочной машины непрерывного действия, м<sup>3</sup>/мин.

Время движения машины (мин)

$$t_{\text{дв}} = \frac{60L}{k_{\text{с.х}}} \left( \frac{1}{v_{\text{гр}}} + \frac{1}{v_{\text{пор}}} \right).$$

Скорости движения  $v_{\text{гр}}$  и  $v_{\text{пор}}$  (км/ч) определяют по хронометражным наблюдениям или по тяговым характеристикам двигателя машины. Коэффициент среднеходовой скорости движения  $k_{\text{с.х}}$  принимают равным 0,6 при длине транспортирования  $L < 0,3$  км и 0,75 при  $L > 0,3$  км.

Время разгрузки  $t_{\text{раз}}$  для автосамосвалов с опрокидным кузовом составляет около 0,7 мин, для самоходных вагонов 2—3 мин.

Время (мин) маневров в забое  $t_{\text{м.з}}$  и у мест разгрузки  $t_{\text{м.р}}$  определяют в конкретных условиях эксплуатации согласно хронометражным данным.

При движении нескольких машин в однополосной выработке время ожидания на разминовках

$$t_{\text{разм}} = n_{\text{разм}} t_1,$$

где  $n_{\text{разм}}$  — число разминок;  $t_1 = 3$  мин — время ожидания на разминке.

Возможное число рейсов машины за смену

$$n_p = 60 (T_{см} - T_{п.з}) / t_p,$$

где  $T_{см}$  — длительность смены, ч;  $T_{п.з} = 0,7 \div 0,8$  — время, затрачиваемое на прием и сдачу смены и профилактическое обслуживание, ч.

Потребное суммарное число рейсов в смену

$$n_c = k_n Q_{см} / V_{куз} k_{з.к} \gamma,$$

где  $Q_{см}$  — сменная производительность подготовительных забоев по горной массе, т.

Потребное количество одновременно работающих машин  $z = n_c / n_p$ .

Инвентарное число самоходных машин

$$z_{ин} = k_p \Sigma z,$$

где  $\Sigma z$  — общее число однотипных машин;  $k_p = 1,25 - 1,5$  — инвентарный коэффициент, учитывающий нахождение машин в ремонте и резерве (малые значения принимают при двухсменном режиме работы, большие — при трехсменном).

Максимальную силу тяги транспортной машины определяют по уравнению ее движения (21.7).

Удельное основное сопротивление: для забойных дорог с неочищенной почвой  $\omega_o = 150 \div 180$  Н/кН; для дорог без покрытия с зачисткой почвы  $\omega_o = 80 \div 100$  Н/кН; для щебеночных дорог с битумной пропиткой  $\omega_o = 40$  Н/кН; для дорог с бетонным покрытием  $\omega_o = 25$  Н/кН.

Дополнительное сопротивление на криволинейных участках  $\omega_{кр} = (0,05 \div 0,08) \omega_o$ . Ускорение трогания  $a = 0,4 \div 0,5$  м/с<sup>2</sup>.

Сила тяги машин по условию сцепления колес с дорогой (Н)

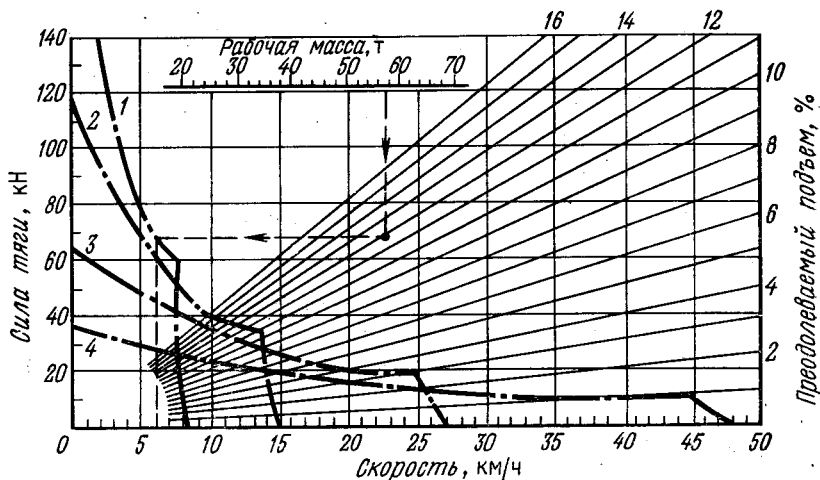


Рис. 12.7. График зависимости преодолеваемого подъема от силы тяги, суммарной рабочей массы и скорости движения автосамосвалов



$$F \leq 1000P_{\text{сц}}\psi.$$

Коэффициент сцепления пневмошин с дорогой  $\psi = 0,3 \div 0,75$  (меньшие значения принимают для забойных мокрых дорог в относительно слабых породах, большие — для асфальтовых бетонных сухих дорог). Сцепной вес (кН) для подземных автосамосвалов с колесной формулой  $4 \times 2$

$$P_{\text{сц}} = 0,6(G + G_0)g,$$

где  $G$  и  $G_0$  — масса соответственно груза и машины, т.

Из уравнения движения транспортной машины можно определить предельный подъем  $i$  (‰), преодолеваемый транспортной машиной:

$$i = \frac{1000P_{\text{сц}}\psi}{(G + G_0)g} - (\omega_0 + 108a).$$

График зависимости преодолеваемого подъема от силы тяги, суммарной рабочей массы и скорости движения автосамосвалов приведен на рис. 12.7.

#### 12.4. Эксплуатация погрузочно-транспортных и самоходных транспортных машин

Производительность труда проходчиков при строительстве и реконструкции рудных шахт и подземных сооружений различного назначения с использованием самоходных машин зависит от правильной и четкой организации работы. Практика использования комплексов самоходных машин при скоростном проведении выработок в крепких породах показывает, что наиболее целесообразна многозабойная организация работ, при которой проходческие операции ведут одновременно в трех забоях: в первом забое — уборка горной массы и ее транспортирование, во втором — бурение шпуров, в третьем — доставка ВВ, зарядание и взрывание. В каждом забое выполняют один проходческий цикл в смену. Все работы ведут специализированные бригады. При применении мобильных самоходных машин в течение смены в нескольких забоях одного горизонта коэффициент внутрисменного использования машин может быть доведен до 0,7—0,8, что позволяет увеличить производительность самоходных машин и труда проходчиков более чем в два раза по сравнению с ведением работ в течение смены в одном забое.

При проведении выработок комплексом, включающим в себя проходческий комбайн, бункер-перегрузатель и самоходный вагон (см. рис. 12.5, а), для обеспечения непрерывной работы комбайна необходимо, чтобы время заполнения бункер-перегрузателя было больше времени рейса самоходного вагона, т. е.

$$G_b/Q_k \geq 2L/v + t_{\text{раз}},$$

откуда максимальная длина транспортирования  $L$  (м) одним самоходным вагоном

$$L = \frac{v}{2} \left( \frac{G_6}{Q_k} - t_{\text{раз}} \right),$$

где  $G_6$  — горная масса, находящаяся в бункер-перегрузателе, т;  $v$  — средняя скорость движения вагона, м/мин;  $Q_k$  — техническая производительность проходческого комбайна, т/мин;  $t_{\text{раз}}$  — время разгрузки вагона, включая время маневров и пауз, мин.

Эксплуатацию самоходных машин осуществляют в строгом соответствии с Инструкцией по безопасному применению самоходного (нерельсового) оборудования в подземных рудниках и Правилами безопасности при разработке месторождений полезных ископаемых.

Надежная и безаварийная эксплуатация самоходных машин в подземных условиях зависит от правильного выбора сечения откаточных выработок и гарантированных зазоров, соответствующего дорожного покрытия, четкой организации движения и своевременного и качественного технического обслуживания и ремонта.

Поперечные сечения выработок определяются габаритами самоходных машин и гарантированными зазорами от наиболее выступающих частей машин до стенок и кровли выработок. Со стороны прохода людей этот зазор должен составлять не менее 1200 мм, а с противоположной стороны — 300 мм.

В проводимых буровзрывным способом выработках для улучшения условий движения машин производят планировку почвы, а в откаточных выработках проезжую часть оборудуют искусственным покрытием, вид которого зависит от грузоподъемности машин, скорости и интенсивности их движения. При интенсивном движении машин для прохода людей оборудуют пешеходные дорожки шириною 800 мм.

В качестве материала для искусственного покрытия применяют асфальт, бетон с армирующей сеткой, щебенку с цементной или битумной пропиткой, дробленую породу.

Скорость движения самоходных машин в откаточных выработках рекомендуется не более 20 км/ч, а на закруглениях, заездах в камеры и на участках, где работают люди, скорость машин следует снижать до 10 км/ч. В откаточных выработках, по которым перемещаются самоходные машины, устанавливают запрещающие, предписывающие или указательные дорожные знаки и светофоры, обеспечивающие безопасное движение машин.

Во время эксплуатации самоходных транспортных машин обязательно выполнение ежесменного и ежедневного обслуживания, регулярного технического обслуживания, текущих и капитальных ремонтов.

Ежесменное обслуживание включает в себя смену воды в жидкостном нейтрализаторе, проверку уровня и долив масла, смазку отдельных узлов. В ежедневное обслуживание (ЕО), выполняемое в межсменное время, входят заправка машины топливом, водой, маслом, очистка воздушных фильтров, проверка состояния шин и т. д.

Первое техническое обслуживание (ТО-1) машин с дизельным приводом производят через каждые 50 ч работы машины. В него входят все работы ЕО, а также проверка и полная ревизия двигателя, трансмиссии, рулевого управления, ходовой части и др. Второе техническое обслуживание (ТО-2) проводят через каждые 250 ч работы. В него входят все работы, предусмотренные ТО-1, а также определенный объем работ по смазке, регулировке и контролю отдельных узлов машины согласно инструкции завода-изготовителя.

Текущий ремонт, выполняемый на рабочем месте или в подземных мастерских, включает в себя частичную разборку отдельных узлов, замену изношенных деталей гидравлических и пневматических систем, пневмошин и др. Капитальный ремонт самоходных машин производят на поверхности в заводских условиях после 2000—2500 ч работы.

Подземные мастерские для самоходных машин располагают не ближе 100 м от ствола. Они состоят из камеры с несколькими ремонтными постами и постом регулировки двигателей, камеры для сварочных работ, шинно-монтажного участка, мойки и склада запасных частей. Камеры ремонта оснащают кран-балкой с тельфером грузоподъемностью до 10 т, токарными и сверлильными станками, верстаком и другим ремонтным оборудованием. Для проведения аварийных ремонтов самоходных машин непосредственно в забоях на месте их работы используют самоходные ремонтные мастерские.

Для заправки машин и хранения топлива и масла сооружают подземные склады ГСМ с заправочным пунктом. Топливо на склад доставляют в цистернах или подают с поверхности по трубопроводу.

Во избежание несчастных случаев при эксплуатации самоходных машин необходимо строгое соблюдение правил безопасности, изложенных в инструкции завода-изготовителя.

Основные правила безопасности: категорически запрещается работа на неисправной машине; не допускается проезд людей на подножках, в кузове или ковше машины; все операции, связанные с техническим обслуживанием, необходимо выполнять только при остановленном двигателе и включенном стояночном тормозе; при сливе горячей жидкости из системы нейтрализации отработавших газов следует остерегаться ожогов; контроль состава отработавших газов производить регулярно по утвержденному графику.

### **13. СКРЕПЕРНЫЕ УСТАНОВКИ**

#### **13.1. Схемы скреперных установок и область их применения**

Скреперная установка (рис. 13.1) состоит из скреперной лебедки 5, которая установлена на раме полка 9 с бортами 8, скрепера 1, головного 7 и хвостового 3 канатов и концевых 2 и отклоняющих

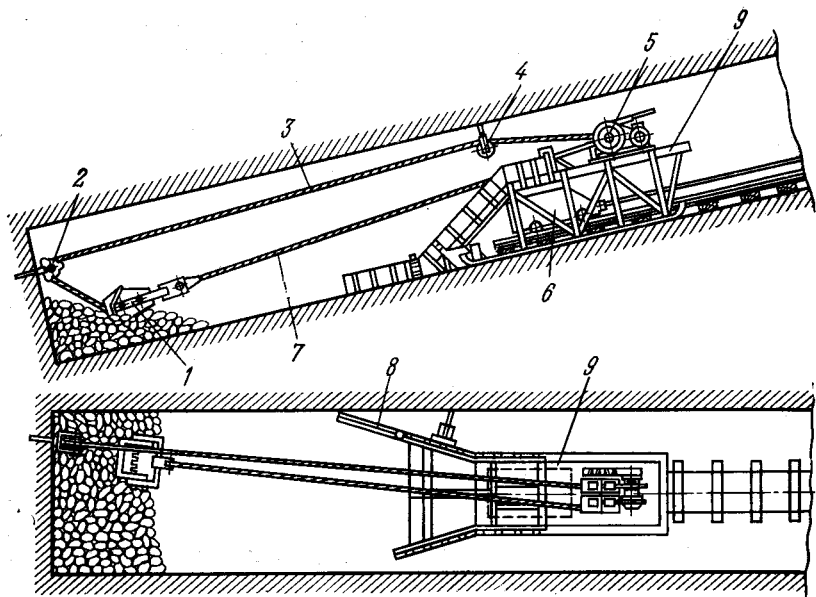


Рис. 13.1. Скреперная установка типа СКУ-1 с погрузкой горной массы в вагонетки или скипы

блоков 4. Во время работы скрепер совершает возвратно-поступательные движения: на забой — хвостовым канатом (холостой ход), от забоя — головным канатом (рабочий ход). При движении от забоя скрепер, внедряясь в разрыхленную горную массу, самозагружается и транспортирует горную массу по поспе и наклонной части полка, а затем разгружается, высыпая горную массу через отверстие в полке в другие транспортные средства, в вагонетку 6 или на конвейер.

Производительность скреперного комплекса в зависимости от дальности транспортирования, вместимости скрепера и организации работ составляет 20—250 т/смену, рациональная дальность транспортирования 10—50 м (обычно при проходке выработок 25—30 м), угол наклона проводимой выработки  $\pm 25^\circ$ , иногда до  $+35^\circ$ . Максимальная крупность транспортируемых кусков — до 1000 мм.

Преимущества скреперных комплексов — простота конструкции и обслуживания, надежность в работе, невысокая стоимость, несложный монтаж и демонтаж, высокая степень унификации отдельных узлов, совмещение операций по доставке и погрузке, простота изменения длины доставки, возможность доставки крупнокусковых скальных грузов и работы при больших углах наклона, относительная независимость от средств транспорта, так как при отсутствии или неисправности средств транспорта скреперным комплексом можно обеспечить удаление от забоя взорван-

ной горной массы и продолжать другие работы по проходке выработки.

Недостатками скреперных установок являются их относительно невысокая производительность, снижающаяся при увеличении длины доставки, ограниченная длина доставки, быстрый износ канатов, высокая энергоемкость.

На угольных и рудных шахтах скреперные установки применяются при проведении горизонтальных и наклонных выработок в тех условиях, где не могут быть использованы комбайны и погрузочные машины, например при малом сечении выработки и небольшой ее длине, большом угле наклона. Применяют также скреперные установки в угольных шахтах на складочных работах и на поверхности шахт на угольных складах.

ИГД им. А. А. Скочинского рекомендует область эффективно применения скреперных установок в угольных шахтах для проведения выработок со следующими горно-геологическими условиями:

горизонтальных — по смешанному и породному забоям с коэффициентом крепости пород  $f_k = 4 \div 7$ , сечением в свету свыше  $6 \text{ м}^2$ ;

наклонных, проводимых в направлении сверху вниз и снизу вверх, — по углю, смешанному и породному забоям, площадью сечения в свету свыше  $6 \text{ м}^2$  с любой крепостью пород и углом наклона до  $25^\circ$ ;

горизонтальных и наклонных выработок небольшой длины и площадью сечения в свету менее  $4 \text{ м}^2$ .

### 13.2. Устройство призабойных скреперных установок

Скреперные установки, используемые для проведения горных выработок, различаются между собой в основном габаритами, конструкцией перегрузочного полка и типом транспортного оборудования, на которое осуществляется перегрузка горной массы. Скреперная установка может работать совместно с рельсовым транспортом с погрузкой горной массы в вагонетки или скипы (см. рис. 13.1) или на скребковый или ленточный конвейер (рис. 13.2).

Погрузочный полк выполняют сборно-разборным. Наклонная заборная часть и разгрузочная часть, расположенная параллельно почве выработки, обычно соединены между собой шарнирно, что облегчает работу установки в выработках с неровной почвой. Позади люка, расположенного в разгрузочной части, установлены скреперная лебедка и сиденье машиниста. Полк обычно монтируют на металлических лыжах, на которых его перемещают скреперной лебедкой вслед за подвиганием забоя.

Заборная и разгрузочная части полка по всей длине снабжены бортами. На основных бортах заборной части для зачистки выработки шарнирно закреплены дополнительные съемные борта, передние кромки которых могут устанавливаться по всей ширине выработки.

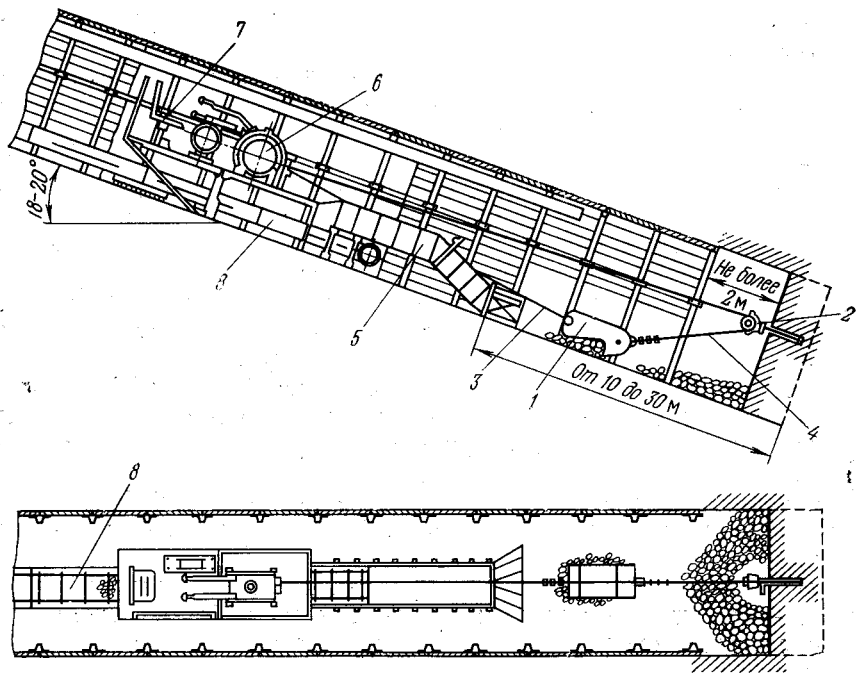


Рис. 13.2. Скреперная установка типа МПКД-4 с погрузкой горной массы на скребковый или ленточный конвейер:

1 — скрепер; 2 — блок; 3 и 4 — головной и хвостовой канаты; 5 — полок; 6 — скреперная лебедка; 7 — сиденье машиниста; 8 — скребковый конвейер

В некоторых конструкциях зарубежных скреперных комплексов для регулирования высоты погрузки и возможности использования как рельсового транспорта, так и конвейерного на полке смонтирован консольный скребковый конвейер-перегрузатель, стрела которого может менять угол наклона, а следовательно, и высоту погрузки.

В скреперных установках, используемых только с конвейерным транспортом, натяжная станция скребкового или ленточного конвейера закреплена на полке под разгрузочным отверстием люка. При передвижке полка разъединяют скребковую цепь или ленту, передвигают на забой полок вместе с натяжной станцией конвейера, затем наращивают дополнительный отрезок цепи или ленты. В скреперных установках возможно также использование телескопического ленточного конвейера, позволяющего перемещать полок вслед за продвижением забоя на 15 м без наращивания ленты.

За рубежом применяются погрузочные скреперные комплексы, у которых полок установлен на гусеничном механизме перемещения и снабжен спереди манипуляторами с бурильными установка-

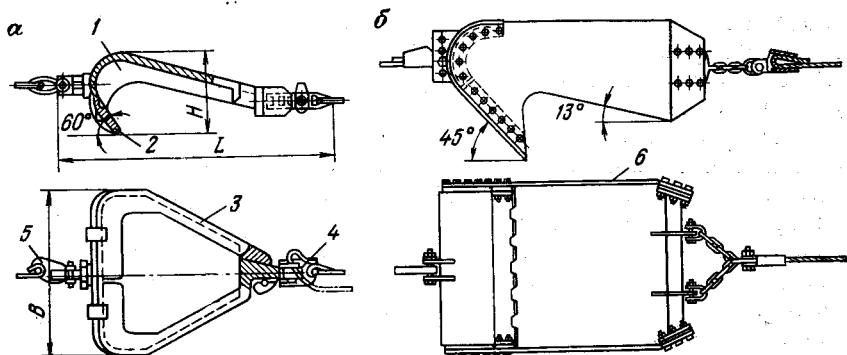


Рис. 13.3. Конструкции скреперов

ми, сзади — конвейером-перегрузателем. Такие комплексы являются мобильными и обеспечивают высокие скорости проходки.

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

Скреперы по конструктивному исполнению подразделяют на гребковые (рис. 13.3, а), ящичные (рис. 13.3, б), совковые и др. Гребковые скреперы применяют преимущественно для доставки крупнокусковой абразивной горной массы, а ящичные — для доставки мелкокусковой, нетвердой и хорошо разрыхленной горной массы.

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

Наибольшее распространение в горнорудной промышленности получили гребковые скреперы.

Гребковый скрепер (см. рис. 13.3, а) состоит из задней стенки 1, рабочая поверхность которой снабжена режущей кромкой (зубьями) 2, боковых тяг 3 и двух серег 4 и 5 для крепления головного и хвостового канатов. Конструкция гребкового скрепера обеспечивает хорошее внедрение его в крупнокусковую горную массу, но при отсутствии боковых стенок возможны потери груза при его транспортировании по почве выработки. Для уменьшения сопротивления при холостом ходе и обеспечения прохождения скрепера при небольшом просвете под кровлей применяют шарнирно складывающиеся гребковые скреперы, у которых задняя стенка соединена с корпусом скрепера шарнирно, обеспечивая тем самым складывание задней стенки при холостом ходе скрепера и раскладывание ее при рабочем ходе и внедрении скрепера в горную массу.

Ящичные скреперы (см. рис. 13.3, б) применяют при проведении выработок по породам средней крепости. Благодаря наличию боковых стенок б при доставке горной массы ящичными скрепера-

ми потери груза значительно меньше, чем при использовании гребковых скреперов.

Для проведения выработок применяют гребковые и ящичные двусторонние скреперы с двумя рабочими кромками (см. рис. 13.1), одна из которых армирована сменными зубьями из марганцовистой стали и служит для скреперования крупнокусковой горной массы, а вторая выполнена гладкой и служит для скреперования мелкокусковой горной массы.

Согласно типовому ряду, скреперы имеют буквенное обозначение. Например, СГ-0,4 или СЯ-0,6, что означает соответственно скрепер гребковый вместимостью 0,4 м<sup>3</sup> и скрепер ящичный вместимостью 0,6 м<sup>3</sup>.

Скреперы изготавливают вместимостью от 0,16 до 1,6 м<sup>3</sup>. Наибольшее распространение для проведения выработок получили скреперы вместимостью от 0,25 до 0,8 м<sup>3</sup>.

Основными параметрами скрепера являются его вместимость, масса, угол внедрения и линейные размеры. В зависимости от расчетной вместимости высота  $H$ , ширина  $B$  и длина  $L$  скрепера (см. рис. 13.3, *a*) обычно относятся как 1 : 2 : 2. Угол внедрения  $\alpha$  принимают равным для мелкой горной массы 35—40°, для крупнокусковой 40—60°. Массу скрепера определяют из расчета 2,5—3,5 кг на 1 см ширины скрепера. Ширина скрепера должна быть в 2—2,5 раза больше транспортируемых кусков максимального размера.

*Лебедки* в скреперных установках применяют двух- и трехбарабанные 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 100 кВт. Обозначения их, например 17ЛС-2ПМ, 30ЛС-2СМ, 55ЛС-3СМ, расшифровываются следующим образом: первая цифра — мощность, кВт; ЛС — лебедка скреперная; следующая цифра — число барабанов; С — соосное и П — параллельное расположение барабанов и двигателя; М — модернизированная.

Конструкции всех скреперных лебедок одинаковы по кинематике и способу включения барабанов и имеют взаимозаменяемые детали.

Двухбарабанные лебедки обеспечивают работу скрепера по прямой, трехбарабанные — на определенной площади под углом, при этом движение скрепера по площади осуществляется одним головным и двумя хвостовыми канатами.

В скреперных установках для проведения выработок в основном применяют двухбарабанные лебедки с параллельным расположением барабанов и двигателя.

Конструктивной особенностью скреперной лебедки является то, что во время работы двигатель не реверсируется и периодическое подключение барабанов к постоянно вращающемуся в одном на-



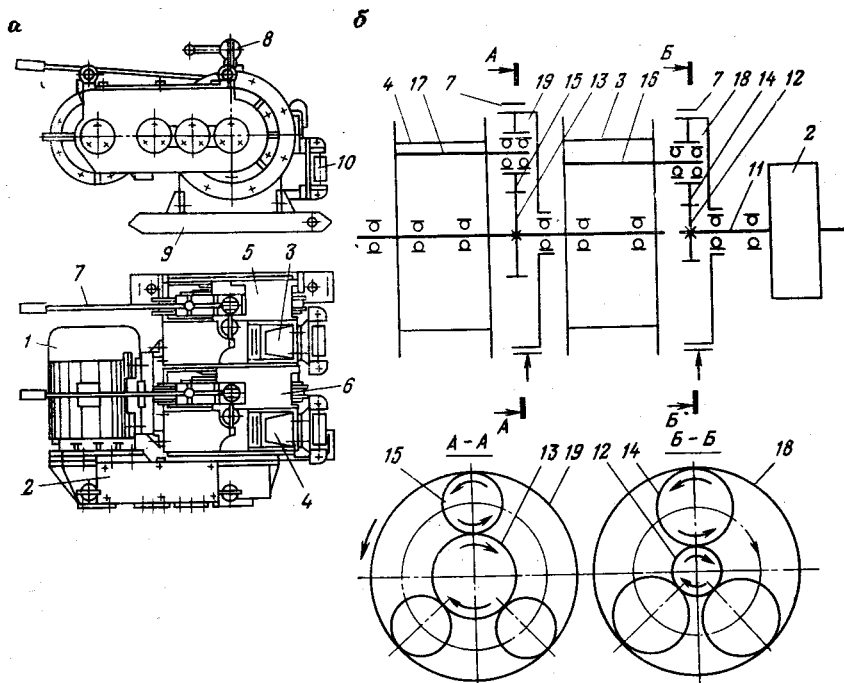


Рис. 13.4. Скреперная лебедка типа 2П:  
 а — общий вид; б — кинематическая схема

правлении центральному валу осуществляется планетарно-фрикционными механизмами.

Скреперная лебедка (рис. 13.4, а) состоит из двигателя 1, редуктора 2, блоков рабочего 3 и холостого 4 барабанов с планетарными редукторами 5 и 6, выполненными идентично, тормозных устройств (фрикционов) 7 и притормаживающих устройств 8. Лебедка установлена на раме 9. На корпусе лебедки закреплены направляющие рамки для канатов с роликами 10.

Работа скреперной лебедки осуществляется следующим образом (рис. 13.4, б): вращение от редуктора 2 передается центральному валу 11, на котором жестко закреплены солнечные шестерни 12 и 13, находящиеся в зацеплении с сателлитами 14 и 15, свободно посаженными на водила 16 и 17. С другой стороны сателлиты находятся в зацеплении с коронными зубчатыми колесами 18 и 19, наружный обод которых охватывается тормозными устройствами 7. Водила 16 и 17 жестко соединены с барабанами 3 и 4, которые свободно посажены на центральном валу 11.

При выключении тормозных устройств 7 шестерни 12 и 13 вращаются по часовой стрелке, а сателлиты 14 и 15 и коронные колеса 18 и 19 — против часовой стрелки. При этом барабаны 3 и 4 не вращаются, так как планетарный редуктор в этом случае выполняет роль простой зубчатой передачи с паразитной шестерней.

При затормаживании коронного колеса 18 сателлиты 14, вращаясь относительно солнечного колеса 12, увлекают во вращение водило 16 вместе с барабаном 3, на который наматывается головной канат. При этом одновременно происходит свободное сматывание хвостового каната с барабана 4. При затормаживании коронного колеса 19 происходят вращение барабана 4 и обратное движение скрепера.

Разное число зубьев солнечных шестерен 12 и 13 и сателлитов 14 и 15 обеспечивает различную скорость движения головному и хвостовому канатам.

Управление тормозными устройствами скреперной лебедки обычно производят вручную. В выработках высотой до 2,3 м рычаги тормозных устройств управления лебедкой вынесены в сторону, и машинист находится во время работы на почве выработки. В выработках, имеющих высоту в свету свыше 2,3 м, машинист управляет лебедкой, находясь на разгрузочном полке.

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.

*Канаты*, применяющиеся в скреперных установках, должны обладать высокой прочностью, гибкостью, эластичностью и износостойкостью. Обычно используют шестипрядные канаты крестовой свивки с пеньковым сердечником, 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.

*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 шпурь клиньями. При проведении выработок в неустойчивых породах блоки подвешивают цепями к крепи или распорным стойкам.

### 13.3. Расчет скреперной установки

Основная задача расчета скреперной установки—определение эксплуатационной производительности, сопротивлений перемещению скрепера, запаса прочности каната и мощности привода лебедки.

Исходными данными являются техническая характеристика скреперной установки, свойства транспортируемой горной массы, длина транспортирования.

Эксплуатационная производительность  $Q_3$  в тоннах за смену скреперной установки при погрузке горной массы в вагонетки локомотивной откатки или скипы канатной откатки

$$Q_3 = 3600V_B \gamma z t_{cm} k_H / (t_{пор} + t_c), \quad (13.1)$$

где  $V_B$  — вместимость вагонетки или скипа, м<sup>3</sup>;  $\gamma$  — плотность горной массы, т/м<sup>3</sup>;  $z$  — число вагонеток в составе;  $t_{пор}$  — время погрузки одной вагонетки или скипа, с;  $t_c$  — время, затрачиваемое на смену состава или скипа, с;  $t_{cm}$  — длительность смены, ч;  $k_H$  — коэффициент использования установки.

Время погрузки  $t_{пор}$  (с) одной вагонетки

$$t_{пор} = \frac{V_B}{V_c k_3} \left[ L \left( \frac{1}{v_{гр}} + \frac{1}{v_{пор}} \right) + t \right], \quad (13.2)$$

где  $V_c$  — вместимость скрепера, м<sup>3</sup>;  $k_3$  — коэффициент заполнения скрепера. Для крупнокусковой породы  $k_3 = 0,5 \div 0,7$ , для средне- и мелкокусковой соответственно  $0,7-0,8$  и  $0,9-1$ ;  $L$  — длина скреперования, м;  $v_{гр}$  и  $v_{пор}$  — скорость движения соответственно груженого и порожнего скрепера, обычно  $v_{гр} = 0,9 \div 1,65$  м/с и  $v_{пор} = 1,2 \div 2,2$  м/с;  $t = 15 \div 25$  — время, затрачиваемое на загрузку и разгрузку скрепера, с.

Эксплуатационная производительность скреперной установки  $Q_3$  в тоннах за смену при погрузке горной массы на конвейер

$$Q_3 = 3600V_c k_3 \gamma t_{cm} k_H / \left[ L \left( \frac{1}{v_{гр}} + \frac{1}{v_{пор}} \right) + t \right]. \quad (13.3)$$

Сопrotивление перемещению груженого скрепера (Н)

$$W_{гр} = W_1 + W_2 + W_3 + W_4, \quad (13.4)$$

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

$$W_{гр} = [1000V_c \gamma k_3 (f_1 \cos \beta \pm \sin \beta) + G_0 (f_2 \cos \beta \pm \sin \beta) + 2Lq_k f_2] g + W_4, \quad (13.5)$$

где  $G_0$  — масса скрепера, кг;  $f_1 = 0,7 \div 0,8$  и  $f_2 = 0,4 \div 0,55$  — коэффициенты трения соответственно горной массы, скрепера и канатов по почве выработки;  $\beta$  — угол наклона выработки, градус;  $q_k$  — масса 1 м каната, кг/м;  $W_4 = 2000 \div 3000$  Н.

Мощность двигателя  $N$  (кВт) лебедки при движении груженого скрепера

$$N = k_{уст} W_{гр} v_{гр} / (1000 \eta), \quad (13.6)$$

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

Запас прочности каната

$$m = S_{\text{раз}}/W_{\text{гр}} \geq 3 \div 4. \quad (13.7)$$

Разрывное усилие каната  $S_{\text{раз}}$  (Н) находят по каталожным данным соответственно диаметру каната скреперной установки.

### 13.4. Эксплуатация скреперных установок

Полк скреперной установки перед началом работ располагают на расстоянии не менее 5 м от забоя и закрепляют его анкерами к почве выработки. В наклонных выработках полк крепят к почве четырьмя корабельными цепями с винтовыми стяжками.

После взрыва в верхней части забоя бурят несколько шпуров для крепления блока. Вначале анкер блока устанавливают в один из крайних шпуров, скреперуют горную массу с одной стороны выработки, затем переносят анкер с блоком и скреперуют горную массу вдоль другой стороны выработки.

Для обеспечения оптимальной производительности скреперного комплекса максимальное расстояние от полка до забоя должно составлять не более 30 м.

Перед передвижкой полка производят зачистку горной массы с боков выработки, для чего устанавливают боковые отклоняющие ролики, которые закрепляют цепями на крепи выработки (рис. 13.5, а). Затем после зачистки наклонную заборную часть полка поднимают лебедкой, устанавливают в горизонтальное положение и стопорят штырями. Освобождают анкера полка и перемещают его скреперной лебедкой (рис. 13.5, б) на шаг передвижки, равный 10—15 м.

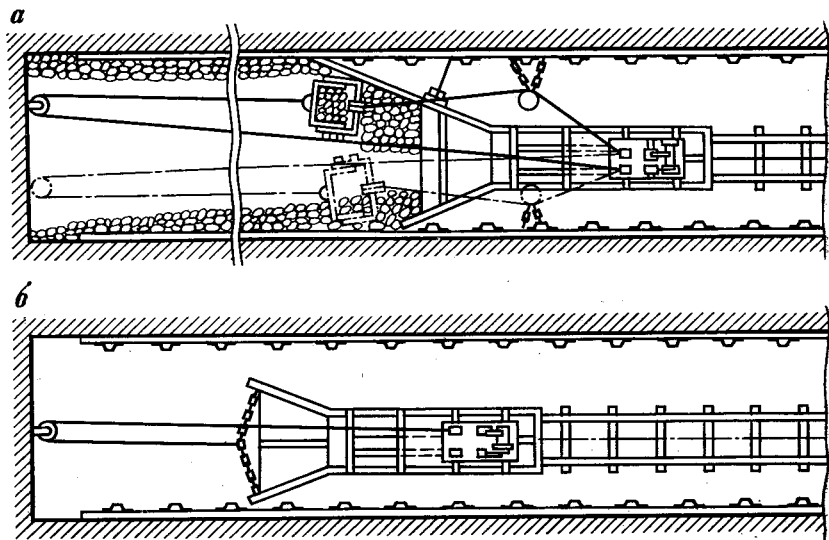


Рис. 13.5. Схема передвижки скреперного полка:

а — зачистка породы с боков выработки перед передвижкой; б — передвижка полка скреперной лебедкой

Во время работы скреперного комплекса машинист следит за состоянием скрепера, лебедки, канатов и полка, производит их ежесменный осмотр, проверяет болтовые крепления, регулировку тормозных лент, наличие масла в редукторе лебедки.

Текущий ремонт производят через каждые 6 мес., капитальный — через 2,5—3 года.

Основные правила безопасности при работе скреперного комплекса — обязательное ограждение вращающихся деталей; надежное закрепление лебедки и блоков; своевременная замена изношенных канатов; хорошее освещение лебедки и дороги скреперования; постоянный контроль за своевременным возведением крепи.

Категорически запрещается: ремонтировать лебедку при работающем двигателе; поднимать и опускать грузы скреперной лебедкой; управлять лебедкой без рукавиц, а также работать без резиновых рукавчиков, надеваемых на рычаги тормоза.

## Раздел 4

# ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

---

## 14. КОНВЕЙЕРНЫЙ ТРАНСПОРТ

### 14.1. Общие сведения и область применения

Конвейерный транспорт непрерывного действия по сравнению с различными видами транспорта периодического действия обеспечивает значительно большую эксплуатационную производительность, высокую степень автоматизации, а также снижение себестоимости проходческих работ, повышение безопасности и улучшение условий труда. Кроме того, конвейерный транспорт обладает и другими преимуществами: большая длина транспортирования одним конвейером или конвейерной линией; небольшие поперечные размеры линейной части конвейера; возможность расположения конвейеров в выработках, проводимых по почве с беспокойным залеганием пластов. Недостатки конвейерного транспорта — ограничение по крупности отдельных кусков транспортируемой горной массы; интенсивный износ гибких грузонесущих органов; высокая стоимость оборудования и его монтажа; необходимость установки параллельной транспортной системы для доставки в подготовительный забой вспомогательных грузов и людей.

Область применения конвейерного транспорта в шахтном строительстве — доставка мелко- и среднекусковой породы с невысоким коэффициентом крепости, в основном при комбайновом способе проходки в угольных шахтах.

При проведении выработок применяют ленточные и скребковые конвейеры и перегружатели, а также специальные конвейеры — донные скребковые, установленные на самоходных вагонах с пневмошинным механизмом перемещения, бункер-вагонах рельсового транспорта в механизированных бункерах; крутонаклонные ленточные конвейеры, обеспечивающие транспортирование горной массы под углами наклона до 25—35°. Возможно применение пластинчатых конвейеров в определенных условиях эксплуатации при криволинейной в плане трассе транспортирования и буровзрывном способе проходки по крепким породам.

Наиболее перспективными являются ленточные конвейеры, обеспечивающие практически любую необходимую производительность и длину транспортирования при комбайновом способе проходки. Наиболее современной конструкцией является телескопический ленточный конвейер, позволяющий изменение длины транспортирования без остановки работы комбайна. Как промежуточное звено для передачи горной массы от проходческого комбайна или погрузочной машины на конвейер, в вагонетки или другие транспортные средства широко используют ленточные перегружатели.

Скребковые конвейеры применяют для транспортирования горной массы из подготовительных забоев при проведении выработок в основном по углю или смешанным и породным забоям с коэффициентом крепости пород  $f_k \leq 5$ . При комбайновом способе проходки при отсутствии телескопических ленточных конвейеров за комбайном устанавливают перегружатель, скребковый конвейер и обычный ленточный конвейер. При такой последовательности удлинение конвейерной линии осуществляют периодическим увеличением длины скребкового конвейера.

## 14.2. Ленточные конвейеры

Принцип действия ленточного конвейера — перемещение горной массы на ленте, которая выполняет функции несущего и тягового органа. На рис. 14.1 показана принципиальная схема ленточного конвейера, в котором бесконечная лента 1 огибает разгрузочный 6, приводные 4 и натяжной 5 барабаны. По длине линейной части конвейера лента поддерживается стационарным роликкоопора-

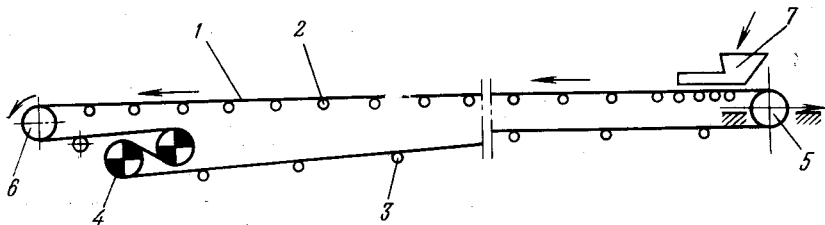


Рис. 14.1. Принципиальная схема ленточного конвейера

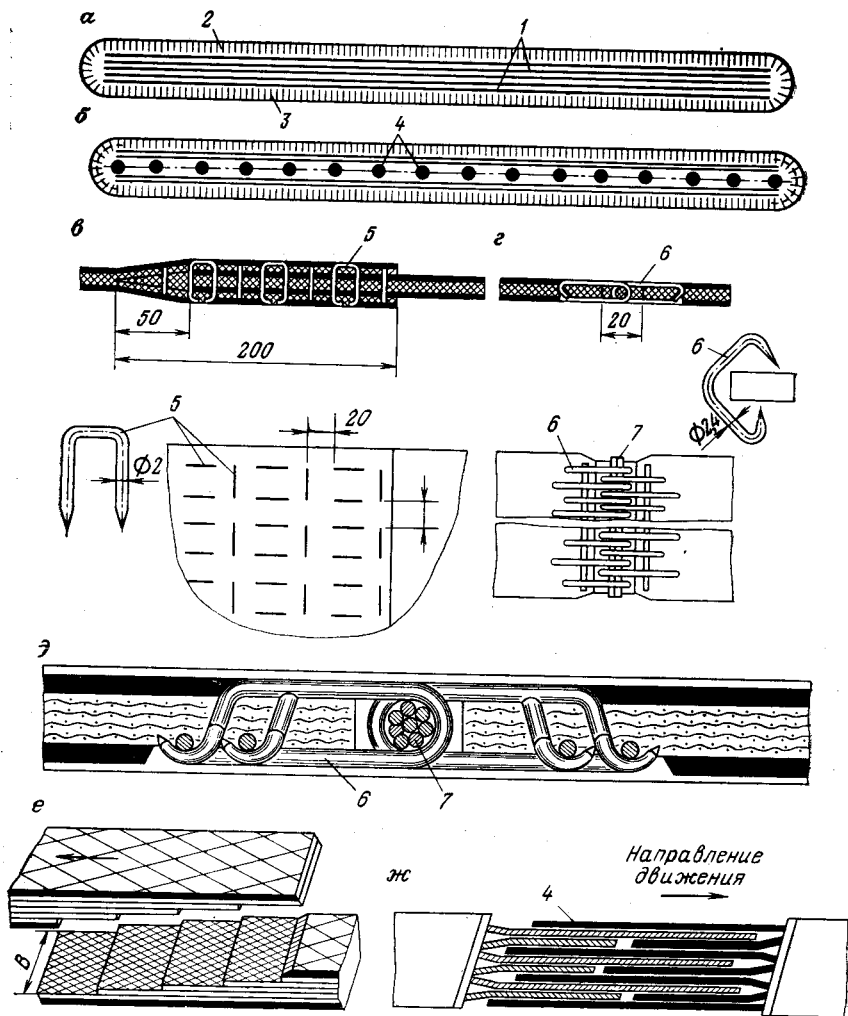


Рис. 14.2. Типы конвейерных лент и схемы их соединения:

*а* — тканевая лента; *б* — резинокросовая лента; *в* — соединение П-образными скобами; *г* и *д* — соединения крючкообразными проволочными скобами; *е* — разделка концов тканевой ленты перед вулканизацией; *ж* — то же, резинокросовой ленты

ми верхней 2 и нижней 3 ветвей. На грузовой верхней ветви ленты расстояние между роlikоопорами в 2—3 раза меньше, чем на нижней порожней ветви. Ленточный конвейер обычно загружают через загрузочное устройство 7 в хвостовой части, а разгрузка осуществляется при сходе ленты с разгрузочного барабана.

Ленточные конвейеры оснащают устройствами для очистки ленты от налипших частиц горной массы, ловителями для улавливания конвейерной ленты при ее обрыве на наклонно установ-

ленном конвейере, аппаратурой для автоматизации отдельных конвейеров и конвейерных линий.

Основные преимущества ленточных конвейеров по сравнению с другими типами конвейеров — большие производительность и длина (практически любая для условий шахтного строительства) в одном ставе; значительно меньшая масса и энергоемкость по сравнению со скребковыми конвейерами. Недостатки — ограниченная кусковатость транспортируемой горной массы (до 300—350 мм); ограниченный угол наклона установки (практически для конвейеров с гладкой лентой до 18—20° в зависимости от свойств горной массы); необходимость установки по прямолинейной трассе; высокая стоимость конвейерной ленты и относительно небольшой срок ее службы.

Ленточные конвейеры, используемые в подземных условиях, имеют следующие основные параметры: ширина ленты 800—1200 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.

*Устройство и основные элементы ленточных конвейеров.* Основными элементами ленточного конвейера являются лента, приводная и натяжная станции, роликоопоры и став, загрузочное устройство.

Лента (рис. 14.2) является наиболее дорогостоящим элементом конвейера. Она состоит из каркаса, передающего тяговые усилия, и верхних 2, нижних 3 и боковых обкладок, предохраняющих каркас от механических повреждений и проникновения влаги. Каркас лент, используемых на подземных конвейерах, изготавливают из отдельных соединенных между собой слоями резины тканевых прокладок 1 или уложенных в один ряд стальных тросов 4 (рис. 14.2, б). В качестве материала, из которого изготавливают прокладки, используют хлопчатобумажную ткань или комбинированные ткани на основе синтетического волокна и хлопка прочностью  $\sigma = 55 \div 150$  Н/мм ширины прокладки. Наиболее широкое распространение получили ленты из синтетических тканей (капрон, анид) прочностью  $\sigma = 300$  Н/мм.

Число прокладок в ленте  $i = 3 \div 8$ .

Разрывная прочность ленты (Н)

$$S_{\text{раз}} = B\sigma i,$$

где  $B$  — ширина ленты, мм.

За рубежом находят применение ленты с цельнотканым сердечником (однопрокладочные), обладающие такими преимуществами, как высокая прочность связи обкладок с каркасом и большая сопротивляемость ударным нагрузкам.

Обкладки ленты выполняют из натурального или синтетического каучука, толщина верхней обкладки для транспортирования угля и абразивной породы или руды равна соответственно 4,5 и 6 мм, нижней обкладки — 2 мм. На подземных конвейерах при-



меняют пожаробезопасные ленты с обкладками из негорючих резин.

Резинотросовые ленты по сравнению с резинотканевыми обла- дают такими существенными преимуществами, как более высокая прочность, незначительные остаточные удлинения, больший срок службы. Диаметр стальных латунированных тросов ленты 4,2— 11,5 мм; прочность резинотросовой ленты  $\sigma_p = 1000 \div 6000$  Н/мм ширины ленты; разрывная прочность (Н) всей ленты  $S_{раз} = B\sigma_p$ . Резинотросовые ленты применяют на конвейерах большой мощно- сти и длины.

Отдельные отрезки ленты, доставляемые в шахту, соединяют между собой механическими соединяющими деталями или вулка- низацией.

Тканевые ленты прочностью 55—150 Н/мм передвижных и по- лустационарных конвейеров соединяют проволочными П-образны- ми скобами 5 (рис. 14.2, в) или крючкообразными скобами 6 (рис. 14.2, г и д). Такие соединения лент являются быстроразъем- ными. Прочность стыка составляет 50—60% от прочности ленты. Используемые до сего времени соединения лент с помощью закле- пок и шарниров запрещены в соответствии с правилами эксплуа- тации.

При соединении концов лент П-образными скобами конец лен- ты, срезанный в форме клина или ступенчато, вкладывают в пред- варительно расслоенный на две части другой конец ленты, затем с помощью специального приспособления вдавливают скобы. Рас- стояние между скобами по ширине ленты — около 35 мм, между рядами — 20 мм, длина стыка 150—200 мм.

Соединение концов ленты крючкообразными проволочными скобами производят с помощью гидравлических приспособлений, обеспечивающих вдавливание в ленту скоб диаметром 2,2—2,8 мм, собранных в пакеты по 20 шт. После прошивания скоб сводят кон- цы стыка и в петли скоб продевают отрезок троса 7 (рис. 14.2, г и д).

Для соединения концов высокопрочных тканевых и резинотро- совых лент на стационарных конвейерах используют горячую вулканизацию, обеспечивающую прочность стыка, практически рав- ную прочности ленты.

Предварительно перед вулканизацией концы тканевой ленты разделяют вручную (рис. 14.2, е), затем накладывают друг на друга и вулканизируют с помощью переносного электрического вулканизационного пресса. Применяют также соединение тканевых лент холодной вулканизацией с использованием специального самовулканизирующего клея.

Резинотросовые ленты соединяют только горячей вулканизаци- ей. Предварительно на длине, равной 1200—1400 мм, с концов лен- ты снимают резиновые обкладки и обрезают резину с тросов. Затем тросы укладывают, как показано на рис. 14.2, ж, обклады- вают оголенные тросы 4 с двух сторон заготовками из сырой рези-

ны и производят горячую вулканизацию аналогично, как при соединении тканевых лент.

Привод ленточного конвейера обеспечивает передачу тягового усилия трением от гладкого приводного барабана к ленте. При определении тягового усилия трением в транспортных машинах с гибким тяговым органом (лентой или канатом) используют формулу русского ученого Л. Эйлера для условий огибания барабана невесомой нерастяжимой нитью с натяжением в набегающей ветви  $S_{наб}$  и сбегающей  $S_{сб}$  при угле обхвата барабана нитью  $\alpha$  и коэффициенте сцепления между нитью и барабаном  $\mu$ . Отсутствие проскальзывания Л. Эйлер выразил в виде

$$S_{наб} \leq S_{сб} e^{\mu\alpha},$$

где  $e$  — основание натурального логарифма.

Максимальное тяговое усилие, передаваемое приводом трения:

$$F_{max} = S_{наб.max} - S_{сб} = S_{сб} (e^{\mu\alpha} - 1) = S_{наб.max} \frac{e^{\mu\alpha} - 1}{e^{\mu\alpha}}.$$

Однако тяговые органы — лента или канат — обладают определенной упругостью, и на набегающей ветви с большим натяжением тяговый орган имеет большую вытяжку, чем на сбегающей ветви с меньшим натяжением. Поэтому при вращении приводного барабана или шкива постоянно происходит проскальзывание тягового органа от меньшего натяжения к большему на участке, соответствующем центральному углу  $\alpha_{ск}$  (рис. 14.3, а). Этот участок называют дугой скольжения, на которой осуществляется передача тягового усилия. Экспериментальными исследованиями было установлено, что на участке с большим натяжением, т. е. в нашем случае со стороны набегающей ветви, существует дуга относительного покоя, соответствующая углу  $\alpha_n$ , на которой отсутствует проскальзывание и не осуществляется передача тягового усилия. Чем больше угол  $\alpha_n$ , тем больше запас сил трения на барабане по отношению к тяговому усилию. Коэффициент запаса сил трения

$$k_T = F_{max}/F = (e^{\mu\alpha} - 1)/(e^{\mu(\alpha - \alpha_n)} - 1).$$

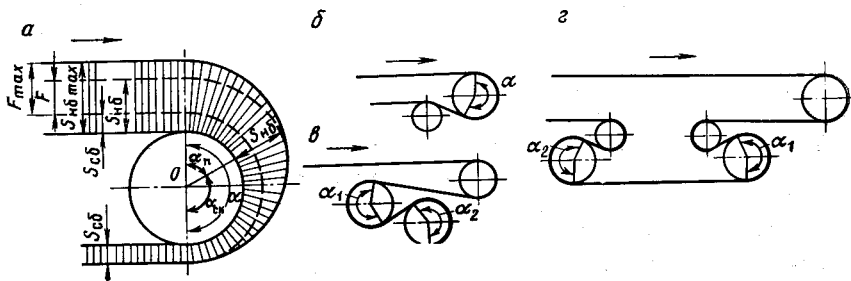


Рис. 14.3. Эпюры натяжения ленты на приводном барабане (а) и схемы обводки ленты на однобарабанном (б) и двухбарабанном (в и з) приводах конвейера

Обычно принимают  $k_t = 1,2 \div 1,6$ . При меньших значениях возможно проскальзывание тягового органа по барабану.

Сила тяги тем больше, чем больше тяговый фактор  $e^{\mu\alpha}$ . Увеличение тяговой способности силы трения возможно путем повышения угла обхвата  $\alpha$  и коэффициента сцепления  $\mu$ . Угол обхвата можно увеличить установкой дополнительных отклоняющих барабанов (рис. 14.3, б) или использованием двух приводных барабанов с углами обхвата  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  (рис. 14.3, в и г). В этом случае расчетный суммарный угол  $\alpha = \alpha_1 + \alpha_2$ . Увеличение коэффициента сцепления достигается футеровкой приводных барабанов различными фрикционными материалами, например резиной, пластиками и т. д.

Приводная станция ленточного конвейера состоит из смонтированных на раме одного или двух приводных барабанов, редуктора, электродвигателя, а также колодочных тормозов, предназначенных для остановки конвейера после отключения электродвигателя, и храпового останова, предотвращающего обратный ход грузовой ленты на наклонном конвейере.

В полустационарных проходческих конвейерах раму привода на почве выработки устанавливают без фундамента и закрепляют распорными стойками.

На горизонтальных конвейерах небольшой мощности приводная станция имеет два приводных барабана с S-образной запасовкой ленты (см. рис. 14.3, в). В таком приводе оба барабана, соединенные жестко между собой зубчатой передачей, приводятся от одного электродвигателя.

На более мощных конвейерах используют другую схему запасовки ленты на приводных барабанах (см. рис. 14.3, г). В этом случае каждый барабан приводится от самостоятельного электродвигателя.

В приводах ленточных конвейеров применяют электродвигатели мощностью до 100 кВт с короткозамкнутым ротором. В приводах большей мощности используют электродвигатели с фазным ротором и жидкостным реостатом. Для стабилизации распределения нагрузки между двигателями двухбарабанного привода с независимыми приводными барабанами смягчают механические характеристики двигателей путем введения в цепь ротора невыключаемой ступени сопротивления.

Натяжное устройство обеспечивает необходимое тяговое усилие на приводных барабанах, поддерживает заданный провес ленты между роликотпорами, а также компенсирует остаточное удлинение ленты при ее вытяжке. Применяют жесткие и автоматические натяжные устройства. Жесткое натяжное устройство представляет собой лебедку с ручным или электрическим управлением. На горизонтальных конвейерах натяжное устройство обычно устанавливают у привода на сбегающей ветви ленты, а на наклонных — в хвостовой части конвейера. Натяжное устройство оборудуют датчиком контроля натяжения, обеспечивающим визуальный контроль и блокировку конвейера от пуска при недостаточном предварительном натяжении ленты.

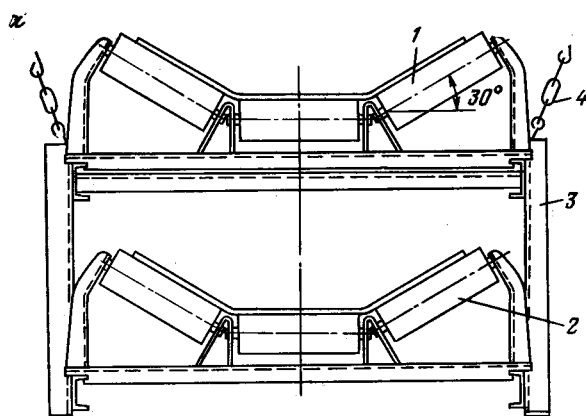
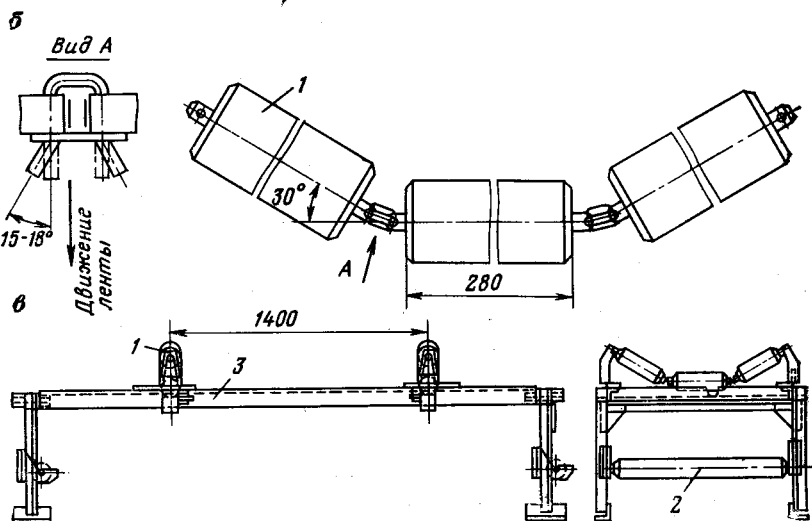


Рис. 14.4. Трехроликовые опоры жесткая (а) и гирляндная (б) и секция жесткого става (в) полустационарного конвейера:

1 — роликоопора верхней ветви ленты; 2 — роликоопора нижней ветви ленты; 3 — жесткий напольный став; 4 — цепные подвески



На полустационарных ленточных конвейерах, используемых на проходческих работах, применяют жесткие натяжные устройства, установленные у приводной станции и снабженные электрическим приводом и гидравлическим датчиком контроля натяжения ленты. Для монтажа и регулирования положения концевой барабана на концевой секции конвейера предусмотрена натяжная червячная лебедка с ручным приводом.

На мощных стационарных ленточных конвейерах применяют автоматические натяжные устройства, либо обеспечивающие заданное натяжение ленты — большее при пуске и меньшее при установившемся движении, либо автоматически сохраняющие определенное соотношение натяжений в набегающей и сбегавшей с привода ветвях ленты при любых нагрузках на конвейере.

Роликоопоры и став. На всех ленточных шахтных конвейерах для поддержания верхней рабочей ветви применяют трехроликовые опоры с углом наклона боковых роликов  $30^\circ$  (рис. 14.4, а). Ролики соединяют в единую опору либо жестко на кронштейнах, либо шарнирно. Гирляндные роликоопоры (рис. 14.4, б) с шарнирным соединением роликов улучшают центрирование (предотвращение бокового схода) ленты и уменьшают динамические нагрузки на ленту. На нижней холостой ветви применяют однороликовые опоры, V-образные двухроликовые с углом наклона роликов  $10\text{--}15^\circ$  или трехроликовые, что обеспечивает центрирование холостой ветви ленты (см. рис. 14.4, а). Для увеличения эффекта центрирования на ролики нижней ветви одевают резиновые диски, которые, кроме того, очищают ленту от налипших частиц горной массы.

Ролики, поддерживающие ленту, выполняют из трубы, в которой расположена сквозная ось на шарикоподшипниках с лабиринтными уплотнениями, обеспечивающими предохранение от попадания пыли в подшипниковые узлы и сохранение консистентной долгодействующей смазки на весь период эксплуатации роликов.

Роликоопоры по длине конвейера устанавливают на жестком или канатном ставе. Шаг установки верхних роликоопор равен  $1200\text{--}1400$  мм, нижних — в 2—3 раза больше.

Жесткий став полустационарного конвейера (рис. 14.4, в) состоит из отдельных секций, соединение элементов которых выполнено безболтовым и легкоразборным. Секции става устанавливают на почве или подвешивают к аркам крепи на цепных подвесках (см. рис. 14.4, а).

Канатный став применяют в основном на стационарных конвейерах. Он состоит из двух параллельных канатов, которые опираются на стойки. Концы канатов укреплены на головных и хвостовых секциях конвейера. Верхние роликоопоры укрепляют на канатах, нижние — на стойках. Преимущества канатного става по сравнению с жестким — меньшая масса и снижение ударных нагрузок на ленту и роликоопоры благодаря эластичности става.

Загрузочные и перегрузочные устройства располагают в месте поступления горной массы на конвейер. В проходческих ленточных конвейерах на приемной концевой секции под верхней ветвью ленты устанавливают с шагом  $0,4\text{--}0,6$  м амортизирующие ролики с резиновыми дисками, а над лентой располагают направляющие борта, нижняя кромка которых соприкасается с верхней обкладкой ленты, предохраняя от просыпи мелочи.

Для увеличения долговечности ленты к загрузочным устройствам предъявляют следующие основные требования: обеспечение минимальной высоты падения груза на ленту и придание грузопотоку скорости, близкой по величине и направлению скорости движения ленты; равномерное поступление груза на ленту в соответствии с технической производительностью конвейера.

При проведении выработок комбайновым способом горная масса на загрузочное устройство ленточного конвейера поступает с головного барабана перегружателя.

**Очистные устройства и ловители.** Для очистки рабочей поверхности ленты от налипших частиц транспортируемой горной массы применяют различные очистные устройства, устанавливаемые на нижней ветви у привода и выполненные в виде скребков, армированных резиной и прижимаемых к очищаемой поверхности ленты грузом или пружиной, или в виде цилиндрических капроновых щеток, приводимых во встречное вращение по отношению к направлению движения ленты от самостоятельного привода или от барабана конвейера. Находят применение также и другие типы очистных устройств.

Ловители устанавливают на стационарных наклонных конвейерах для удержания грузовой ленты в случае ее обрыва.

**Типы ленточных конвейеров.** Отечественной промышленностью согласно унифицированному ряду, основным параметром которого принята ширина ленты (800, 1000, 1200 мм и более), выпускаются следующие типы подземных ленточных конвейеров: для горизонтальных и слабонаклонных выработок (от  $-3$  до  $+6^\circ$ ) — типа Л; для грузовых уклонов и наклонных стволов с углами наклона до  $18^\circ$  — типа ЛУ; для бремсбергов с углами наклона до  $16^\circ$  — типа ЛБ; для грузоподъемных уклонов — типа ЛЛ. В унифицированный ряд входят также специальные конвейеры: для уклонов и бремсбергов с углами наклона  $18-25^\circ$  — типа ЛН и ленточные телескопические переменной длины типа ЛТ и ЛТП (проходческий).

В обозначениях конвейеров за буквами следует цифровое указание ширины ленты в сантиметрах, перед буквенным индексом цифрой указывается типоразмер.

Для транспортирования горной массы из подготовительных забоев при комбайновом способе проходки применяют в основном ленточные конвейеры 1Л80 и 1ЛТП80У, который по сравнению с конвейером 1Л80 отличается наличием телескопического устройства, обеспечивающего увеличение длины конвейера по мере продвижения подготовительного забоя, что позволяет заменить линии, обычно составляемые из скребковых и ленточных конвейеров, в которых не механизированы операции по их удлинению.

#### Основные параметры ленточных конвейеров

	1ЛТП80У	2ЛТП80У
Техническая производительность, т/ч	420	420
Ширина ленты, мм	800	800
Скорость движения ленты, м/с	2,0	2,0
Мощность привода, кВт	45	110
Максимальная длина горизонтального конвейера, м	800	1500

Телескопический проходческий конвейер можно использовать самостоятельно или в составе автоматизированной конвейерной линии в выработках с углами наклона от  $+10$  до  $-10^\circ$ .

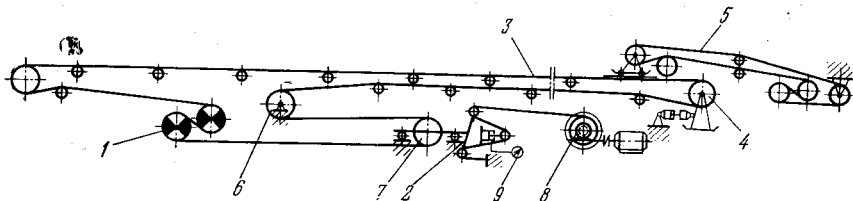


Рис. 14.5 Схема ленточного конвейера 1ЛТП80У

Ленточный конвейер 1ЛТП80У (рис. 14.5) состоит из приводной станции 1, натяжного устройства 2, линейной части 3, концевой секции 4 и перегружателя 5, предназначенного для приема горной массы от комбайна и перегрузки ее на концевую секцию конвейера.

Приводная станция 1, кроме двухбарабанного привода, включает в себя выносной разгрузочный барабан, с которого осуществляется перегрузка горной массы на другой конвейер.

На нижней ветви конвейера у привода расположено телескопическое устройство, представляющее собой петлю ленты, запосованную на неподвижном барабане 6 и подвижном (на каретке) барабане 7.

Необходимое натяжение ленты осуществляется при перемещении барабана 7 натяжным устройством, состоящим из системы блоков с натяжным канатом и лебедки 8 с электроприводом. Натяжение ленты контролируется автоматически и визуально по манометру 9.

Став конвейера собирается из легкоразборных жестких секций, подвешиваемых к кровле (см. рис. 14.4, а). Верхняя и нижняя ветви ленты конвейера поддерживаются одинаковой конструкции трехроликowymi опорами.

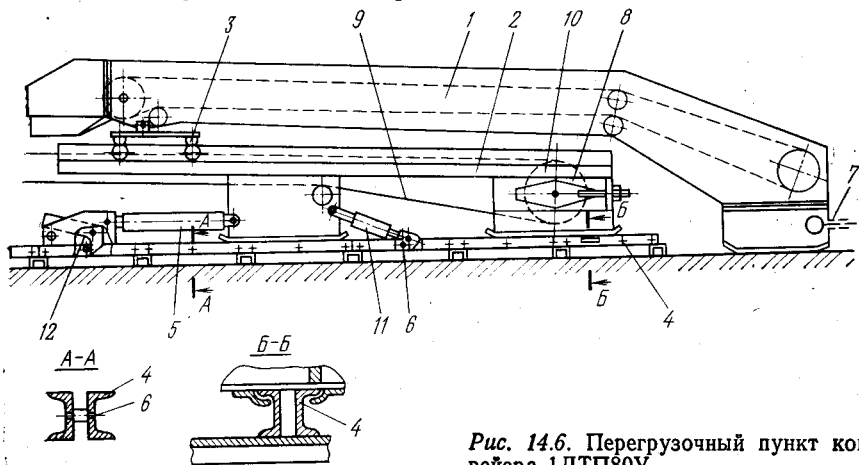


Рис. 14.6. Перегрузочный пункт конвейера 1ЛТП80У.

Перегрузочный пункт конвейера 1ЛТП80У (рис. 14.6) состоит из мостового ленточного перегружателя 1 (на рис. 14.5 — позиция 5), концевой секции 2, платформы 3, направляющей постели 4 и гидроцилиндров передвижки 5, питаемых от гидросистемы комбайна. Постель укладывают вручную отдельные секциями, каждая из которых включает в себя два параллельно расположенных опорных звена. Каждое звено состоит из двух швеллеров, соединенных между собой валиками, служащими упорами для гидроцилиндров при передвижке концевой секции 2.

Платформа 3, на которую опирается разгрузочный барабан перегружателя, перемещается на катках по наклонным направляющим, расположенным на концевой секции 2. Такое сочленение перегружателя с концевой секцией конвейера обеспечивает прохождение комбайна пути 4,2 м выработки без передвижки концевой секции. Ленточный перегружатель с комбайном соединяют шарнирной подвеской или цепной тягой 7 в зависимости от типа проходческого комбайна.

На концевой секции 2 расположено устройство 8 для центрирования нижней ветви ленты 9 на концевом барабане 10 путем разворота его на небольшой угол в горизонтальной плоскости. В процессе работы конвейера концевая секция стопорится стяжками 11 за валики 6 направляющей постели 4.

После прохождения перегружателем пути длиной 4,2 м осуществляют передвижку концевой секции гидроцилиндрами, при этом штоки гидроцилиндров 5 упираются в упоры 12, фиксируемые на постели 4. Концевую секцию передвигают на величину хода гидроцилиндра, затем производят подтягивание гидроцилиндром упора 12, имеющего одностороннее стопорение. Таким образом, цикл передвижки повторяют до тех пор, пока концевая секция займет положение, при котором платформа 2 и разгрузочный барабан перегружателя окажутся расположенными в крайнем левом положении над концевой секцией конвейера.

По мере подвигания подготовительного забоя линейную часть конвейера наращивают, устанавливая дополнительные секции металлоконструкции става с роlikоопорами. После увеличения длины конвейера на 45 м производят расстыковку ленты, перемещают натяжной барабан 8, запасовывают петлю и вшивают отрезок ленты длиной 90 м. Затем продолжают работу.

*Расчет ленточных конвейеров.* Задача расчета — проверка соответствия параметров выбранного конвейера условиям его эксплуатации в проводимой выработке.

Исходными данными являются расчетный грузопоток, плотность и кусковатость горной массы, угол наклона установок конвейера, его длина, направление перемещения груза (вверх, вниз) и параметры, взятые из технической характеристики конвейера.

Техническая производительность  $Q_T$  (т/ч) ленточного конвейера

$$Q_T = 3600 \Omega \gamma v k_p k_1 = k_n B^2 \gamma v k_p k_1. \quad (14.1)$$



где  $\gamma$  — плотность горной массы, т/м<sup>3</sup>;  $v$  — скорость транспортирования, м/с.

Площадь поперечного сечения  $\Omega$  (м<sup>2</sup>) горной массы на ленте конвейера можно определить расчетом (см. рис. 2.1, а), по отраслевому стандарту или с помощью коэффициента производительности  $k_{\pi}$ , зависящего от угла  $\delta$  установки боковых роликов роликоопоры и угла естественного откоса  $\rho_d$  лежащей на ленте горной массы. Например, при  $\delta=30^\circ$  и  $\rho_d=15^\circ$  коэффициент производительности  $k_{\pi}=550$ .

При углах установки конвейера от 0 до 6° коэффициент  $k_p=1$ ; от 6 до 18° —  $k_p=0,95$ .

Коэффициент  $k_1$  учитывает условия эксплуатации: для стационарных установок  $k_1=1$ , для полустационарных проходческих ленточных конвейеров  $k_1=0,9$ .

Производительность ленточного конвейера должна быть на 25—30% больше производительности проходческого комбайна.

Ширина ленты  $B$  (м), исходя из обеспечения необходимой производительности,

$$B \geq \sqrt{Q_{\pi}/k_{\pi}\gamma v k_p k_1}. \quad (14.2)$$

Принятую ширину необходимо проверить по кусковатости транспортируемой горной массы (если ленточный конвейер используют при буровзрывном способе проходки и транспортировании рядовой горной массы)

$$B \geq 2a_{\max} + 0,2, \quad (14.3)$$

где  $a_{\max}$  — максимальный размер транспортируемого куска, м.

Обычно для проходческих работ в ленточных конвейерах используют ленту шириною  $B=0,8$  м. Скорость ее движения  $\bar{v}=1,6 \div 2,0$  м/с, максимальная 2,5—3,15 м/с.

Для определения мощности привода и запаса прочности ленты выполняют тяговый расчет конвейера методом обхода контура по точкам (2.2). При отсутствии изгиба конвейера в вертикальной плоскости определяют сопротивление (Н) перемещению ленты на грузе  $W_{гр}$  и порожней  $W_{пор}$  ветвях, затем тяговое усилие на приводе конвейера:

$$W_{гр} = L[(q + q_{\pi})(k\omega \cos \beta \mp \sin \beta) + Lq'_p k\omega] g; \quad (14.4)$$

$$W_{пор} = L[q_{\pi}(k\omega \cos \beta \mp \sin \beta) + Lq''_p k\omega] g, \quad (14.5)$$

где  $q$ ,  $q_{\pi}$ ,  $q'_p$  и  $q''_p$  — масса, приходящаяся на 1 м длины конвейера соответственно горной массы, ленты, вращающихся частей роликоопор верхней и нижней ветвей, кг/м:

$$q = Q/3,6v; \quad q'_p = G'_p/l'_p; \quad q''_p = G''_p/l''_p, \quad (14.6)$$

где  $G'_p$  и  $G''_p$  — масса вращающихся частей соответственно верхней и нижней роликоопор, кг;  $l'_p$  и  $l''_p$  — расстояние между роликоопорами соответственно верхней и нижней ветвей, м.

Коэффициент сопротивления перемещению ленты для подземных конвейеров  $\omega=0,035 \div 0,04$ .

Коэффициент  $k$  учитывает местные сопротивления на конвейере (отклоняющие барабаны, загрузочные и очистные устройства) и зависит от длины конвейера  $L$  (м):

$L$ . . . . .	850 и более	480	230	140	80	50	30	20	10
$k$ . . . . .	1,1	1,2	1,4	1,6	1,9	2,2	2,6	3,2	4,5

Тяговое усилие привода конвейера (Н)

$$F = W_{гр} + W_{пор}. \quad (14.7)$$

Мощность привода (кВт), работающего в двигательном режиме:

$$N = k_{уст} F v / 1000 \eta. \quad (14.8)$$

Методом обхода контура по точкам (2.2) находят максимальное натяжение в ленте  $S_{max}$  (Н), затем определяют запас прочности ленты

$$m = S_{раз} / S_{max},$$

где  $S_{раз}$  — разрывное усилие ленты (Н), принимаемое из характеристики конвейера. Запас прочности для тканевых лент  $m = 9 \div 10$ , для тросовых —  $m = 7 \div 9$ , большие значения принимают для наклонных конвейеров.

Необходимое минимальное натяжение (Н) ленты по сцеплению

$$S_{сц\ min} \geq F k_{т} / (e^{\mu\alpha} - 1). \quad (14.9)$$

Коэффициент запаса тяговой способности привода  $k_{т} = 1,2 \div 1,6$ . Для гладких нефутерованных барабанов коэффициент сцепления ленты с барабаном  $\mu = 0,15$ , для футерованных гладкой резиной  $\mu = 0,25$ , для футерованных резиной с рисунком типа «шеvron»  $\mu = 0,4$ . Величина угла обхвата  $\alpha$  зависит от количества барабанов и системы запасовки ленты.

Минимально допустимое натяжение ленты (Н) по допустимому провису ленты

$$S_{min} \geq (5 \div 10) (q + q_{л}) l'_{p} g. \quad (14.10)$$

Максимальную длину конвейера  $L$  (м) в одном ставе, ограничиваемую установочной мощностью привода, можно определить по формуле (14.8), подставив в нее значения  $F$  из (14.7) и  $W_{гр}$  и  $W_{пор}$  из (14.4) и (14.5):

$$L = \frac{1000 N \eta}{k_{уст} v [(q + 2q_{л} + q'_{п} + q''_{п}) k w \cos \beta + q \sin \beta] g}. \quad (14.11)$$

Максимальная длина ленточного конвейера в одном ставе, исходя из прочности ленты,

$$L = \frac{S_{раз} (e^{\mu\alpha} - 1)}{m k_{т} e^{\mu\alpha} [(q + 2q_{л} + q'_{п} + q''_{п}) w k \cos \beta + q \sin \beta] g}. \quad (14.12)$$

Допустимую длину конвейера можно также определить по графикам зависимости длины конвейера от угла его установки при различной производительности конвейера (рис. 14.7).

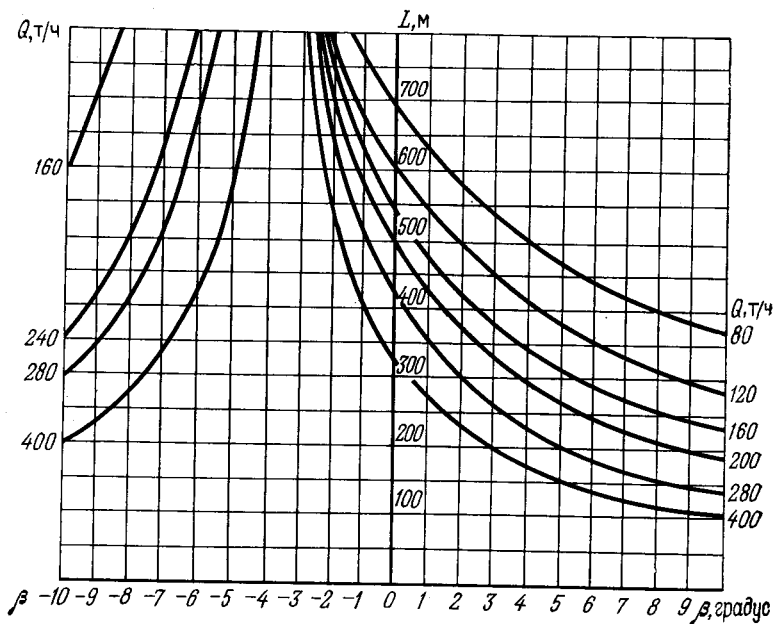


Рис. 14.7. График зависимости длины ленточного конвейера 1ЛТП80У от угла его установки при различной производительности конвейера

При сложной трассе транспортирования конвейерной линией, на которую поступает горная масса с нескольких конвейеров, расположенных в различных проводимых выработках, следует производить автоматизированный выбор оборудования и расчет ленточных конвейеров с использованием метода имитационного моделирования на ЭВМ по программе «Конвейерный транспорт», разработанной ИГД им. А. А. Скочинского.

### 14.3. Ленточные перегружатели

Ленточные перегружатели являются промежуточным звеном между проходческим комбайном или погрузочной машиной и транспортными средствами, служащими для доставки горной массы по проводимой выработке.

Перегружатель представляет собой передвижной ленточный конвейер длиной 10—35 м, став которого состоит из наклонной части и горизонтальной стрелы. Современные конструкции перегружателей обеспечивают производительность до 180 м<sup>3</sup>/ч.

Перегружатели выполняют самоходными с электрическим или пневматическим приводом или несамоходными. Несамоходные перегружатели перемещают буксировкой с помощью погрузочной машины или проходческого комбайна.

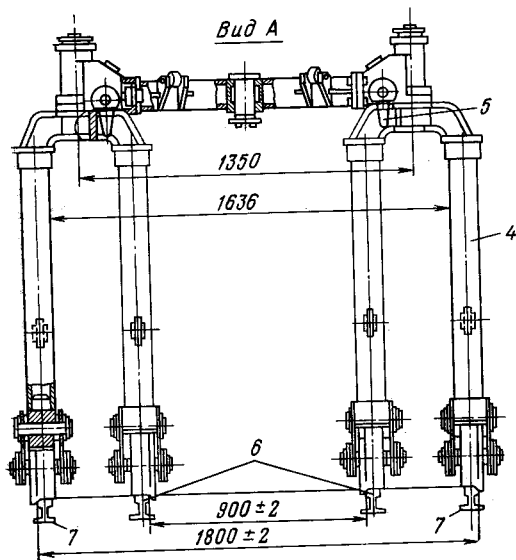
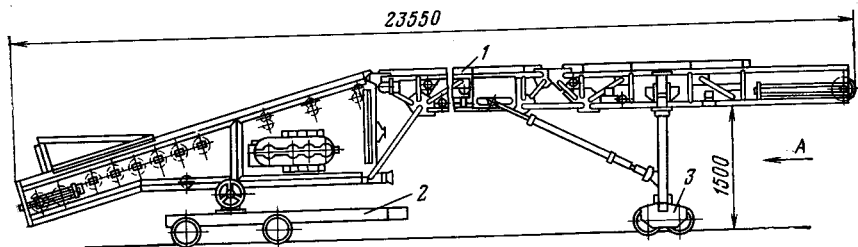


Рис. 14.8. Ленточный перегружатель типа УПЛ-2

По конструкции поддерживающих устройств различают перегружатели с опорой на почву выработки на лыжах, колесах или колесно-рельсовом механизме и подвесные с перемещением по монорельсу. Возможно выполнение перегружателей с комбинированными опорами: с подвеской к монорельсу и на тележках колесно-рельсового механизма перемещения.

Ленточные перегружатели выполняют только прямолинейными в плане. Существуют конструкции изгибающихся перегружателей для проходки криволинейных выработок с малыми радиусами закруглений. В этих перегружателях используют специальные типы ленточных конвейеров с цепным тяговым органом и гофрированной лентой.

Наибольшее распространение в угольной и горнорудной промышленности получили ленточные перегружатели на колесно-рельсовом механизме перемещения, используемые при проведении выработок буровзрывным способом с погрузкой горной массы погрузочными машинами непрерывного или периодического действия или при комбайновом способе проходки.

На рис. 14.8 показан перегружатель типа УПЛ-2 на колесно-рельсовом (неприводном) механизме перемещения. Ферма перегружателя 1, состоящая из отдельных секций, опирается на переднюю тележку 2 и заднюю тележку-портал 3. Секции перегружателя между собой соединены шарнирно и снабжены регулируемыми винтовыми стяжками. Ферма на тележке 2 и портале 3 закреплена шарнирно, благодаря чему обеспечивается возможность отклонения стрелы конвейера от оси рельсового пути и работы на закруглениях выработки.

Коленообразные опоры 4 портала выполнены поворотными — раскрывающимися относительно вертикальной оси на  $180^\circ$  с фиксацией замками 5 в двух положениях: транспортном — при перемещении по основному рельсовому пути 6, и рабочем — при перемещении в призабойной части выработки по дополнительному рельсовому переносному пути 7 длиной 12—16 м. При повороте (раскрытии) опор стрела перегружателя поддерживается двумя убирающимися гидроцилиндрами, закрепленными на секции стрелы перегружателя.

Лента конвейера приводится от двухбарабанного привода, расположенного на передней тележке 2. Оба футерованных резиной приводных барабана вращаются от одного электродвигателя через двухступенчатый цилиндрический редуктор.

Верхняя рабочая ветвь ленты по длине перегружателя поддерживается трехроликowymi опорами. В месте погрузки горной массы на перегружатель для уменьшения ударных нагрузок под лентой установлены футерованные резиной амортизирующие ролики.

С помощью сменных секций фермы возможно изменение длины перегружателя.

Институтом ЦНИИподземмаш создана модернизированная конструкция ленточного перегружателя типа УПЛ-2М, который предназначен для работы с погрузочными машинами с нагребающими лапами типа ПНБ и проходческими комбайнами типа ГПК и 4ПП2.

Перегружатель УПЛ-2М отличается от других типов тем, что в нем использован однобарабанный привод с автоматическим поджатием прижимного ролика к приводному барабану (рис. 14.9). Под действием усилия в набегающей ветви ленты, огибающей отклоняющий барабан 1, поворачивается рычаг 2 относительно

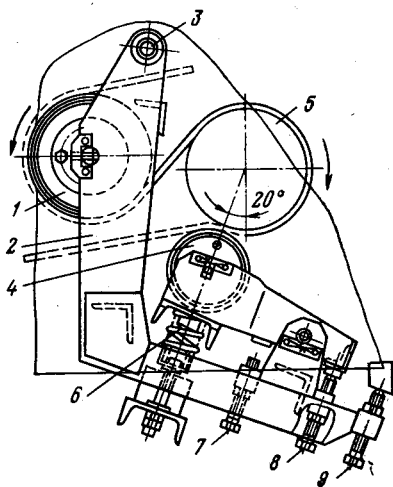


Рис. 14.9. Однобарабанный привод с прижимным роликом перегружателя УПЛ-2М

оси 3. При этом ролик 4, закрепленный на рычаге 2, соприкасается с приводным барабаном 5, создавая пружиной 6 дополнительное усилие прижатия ленты к приводному барабану. Тяговое усилие привода

$$F = S_{с6} (e^{\mu\alpha} - 1) + P\mu e^{\mu\alpha},$$

где  $P$  — усилие прижатия ленты роликом, Н.

Настройку положения отклоняющего барабана и прижимного ролика осуществляют винтами-упорами 7, 8 и 9.

Перегрузатель УПЛ-2М выпускается в трех дополнительных исполнениях: с колесными опорами на рельсы (см. рис. 14.8): с передней колесной опорой с уширенными ободами на почву и задней — на рельсы (рис. 14.10, а) или на лыжи (рис. 14.10, б), или на монорельсе (рис. 14.10, в). При работе перегружателя с комбайном на заднюю часть рамы перегружателя опирается грузочная секция с передвижным бункером, служащим одновременно опорой мостового перегружателя комбайна и обеспечивающим некоторую телескопичность конвейерной системы.

Управление перегружателем осуществляется дистанционно с комбайна или погрузочной машины. Под перегружателем размещается пять вагонеток типа ВГ-3,3.

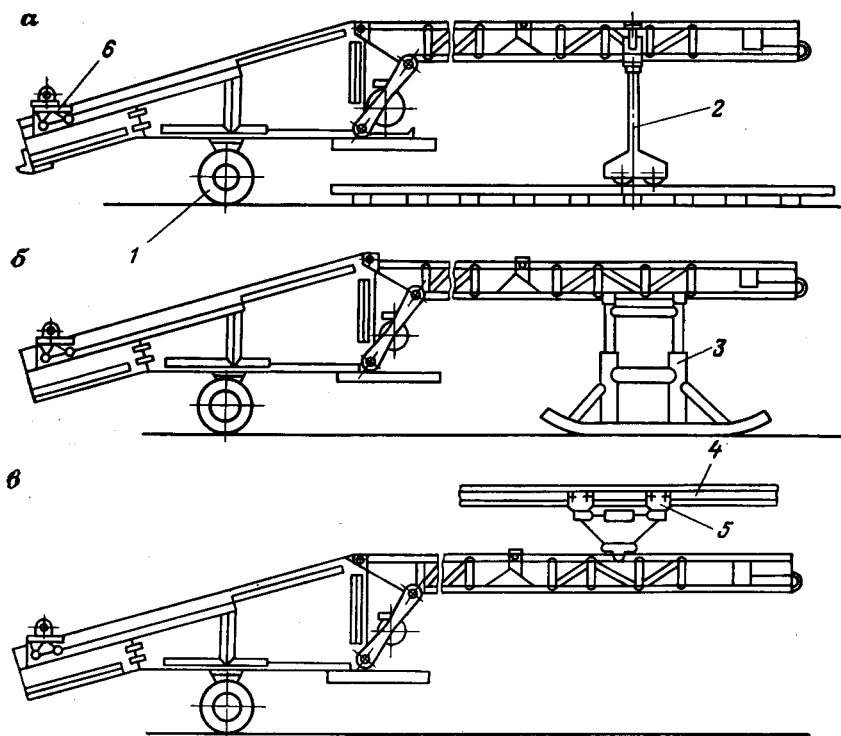
На рис. 14.11 показан самоходный перегружатель ленточный типа ПСК-1. Лента 1 перегружателя огибает концевые и приводные барабаны, расположенные на тележке 2, и разгрузочный натяжной барабан 3 на консольной стреле 4, которая удерживается от опрокидывания противовесом 5, расположенным на тележке 2. Тележка перемещается от пневмопривода 6. Положение стрелы по высоте регулируется гидроцилиндром 7. На наклонной части перегружателя установлена приемная воронка 8, в которую поступает горная масса от погрузочной машины.

#### Техническая характеристика ленточных перегружателей

	УПЛ-2М	ПСК-1
Производительность, м <sup>3</sup> /ч . . . . .	180	120
Ширина ленты, мм . . . . .	650	650
Мощность привода, кВт . . . . .	15	17,7
Длина консольной части, мм . . . . .	—	11800
Общая длина, мм . . . . .	14000—23300	15380
Привод механизма перемещения . . . . .	—	Пневматический
Масса, т . . . . .	7	11

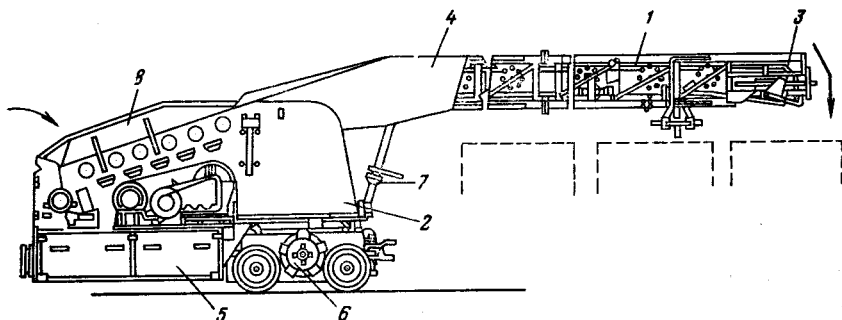
Выбор типа и основных параметров ленточных перегружателей зависит от типа применяемой погрузочной машины или комбайна, формы и площади поперечного сечения проводимой выработки, вида крепи, типа вагонеток и других факторов. Производительность перегружателя должна быть на 20—30% больше производительности погрузочной машины или комбайна.

Расчет ленточных перегружателей принципиально не отличается от расчета обычных ленточных конвейеров. При выполнении тягового расчета методом обхода контура по точкам следует учитывать, что на коротких ленточных конвейерах отдельные сос-



**Рис. 14.10.** Конструктивное исполнение опор перегружателя УПЛ-2М:

1 — колесо с уширенным ободом, опирающимся на почву выработки; 2 — колесно-рельсовая тележка; 3 — рама с двумя лыжами; 4 — монорельс, подвешенный к арочной крепи; 5 — каретки стрелы перегружателя; 6 — опора передвижного бункера мостового перегружателя комбайна



**Рис. 14.11.** Ленточный перегружатель типа ПСК-1

редоточенные сопротивления на концевых барабанах и в месте загрузки составляют значительно большую величину по сравнению с распределенными сопротивлениями на линейной части перегружателя.

Разработаны и испытаны опытные образцы изгибающегося перегружателя, предназначенного для загрузки состава вагонеток при проведении двухпутных криволинейных выработок с минимальным радиусом закругления 10 м. В изгибающемся перегружателе применен конвейер с цепным тяговым органом и грузонесущей гофрированной лентой, обладающей свойствами пространственной гибкости. Рама линейной части перегружателя состоит из отдельных соединенных между собой шарнирно секций, допускающих их взаимное отклонение в вертикальной и горизонтальной плоскостях, что обеспечивает перемещение перегружателя по рельсовым путям в криволинейных выработках. Ввиду сложности конструкции изгибающиеся перегружатели не получили широкого применения.

#### 14.4. Скребокковые конвейеры

Принцип работы скребоккового конвейера (рис. 14.12) — перемещение горной массы волочением по неподвижному желобу-рештаку 1 скребками 2, закрепленными на одной или нескольких тяговых цепях 3. Тяговая замкнутая цепь огибает звездочки приводной станции 4 и концевой головки 5. Загрузку конвейера горной массой можно осуществлять в любой точке по длине рештачного става.

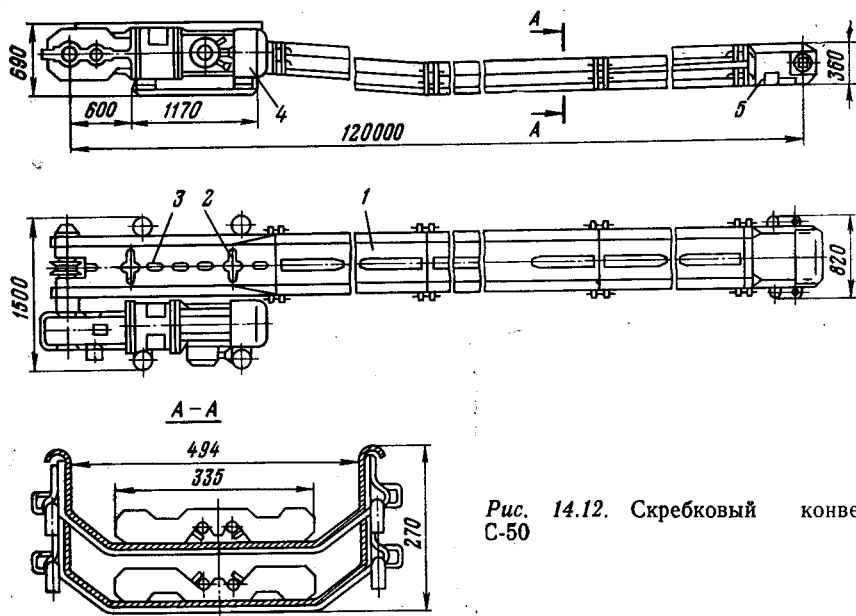
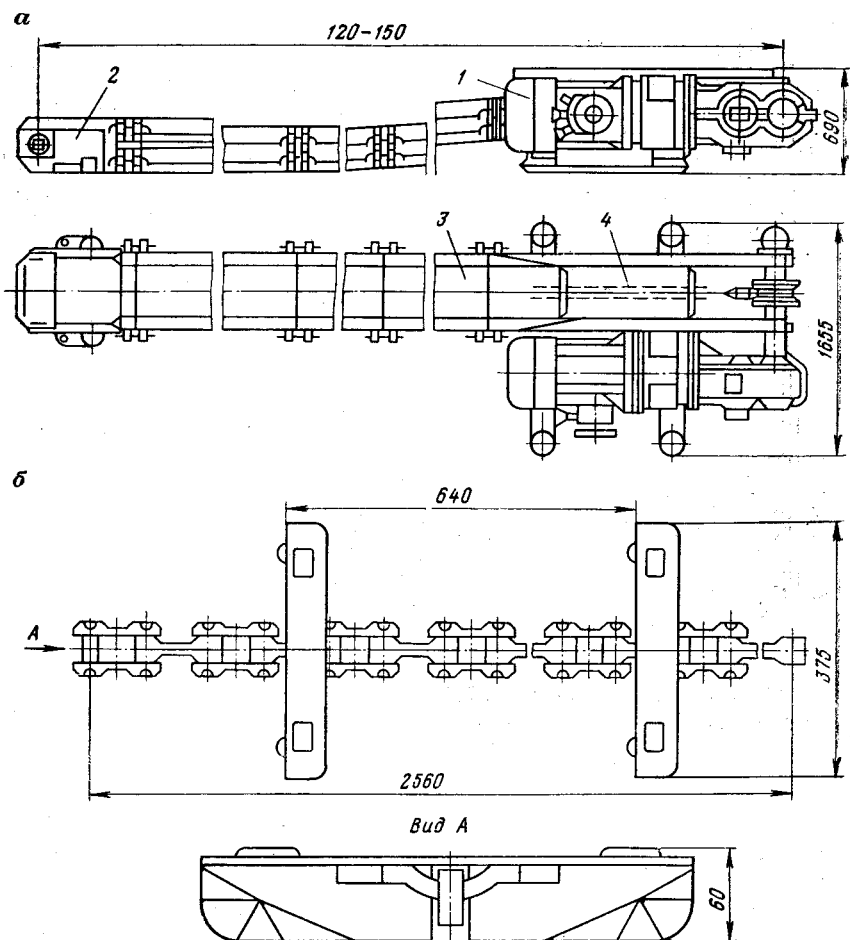


Рис. 14.12. Скребокковый конвейер С-50





**Рис. 14.13.** Скреповый конвейер С53МУ:

**а** — общий вид; **б** — тяговая штампованная цепь со скребками; **1** — приводная головка; **2** — концевая головка; **3** — решетчатый став; **4** — тяговый орган со скребками

Преимуществами скреповых конвейеров являются: небольшая высота става и простота его удлинения и укорачивания; возможность работы по трассе с небольшими искривлениями в вертикальной и горизонтальной плоскостях; большая механическая прочность и надежность в работе. К недостаткам следует отнести несовершенство принципа транспортирования горной массы волочением, что влечет за собой быстрый износ цепей, решетчатого става и высокую энергоемкость транспортирования.

По назначению скреповые конвейеры разделяют на доставочные, выполняющие только функции транспортирования горной массы из подготовительных забоев или полезного ископаемого

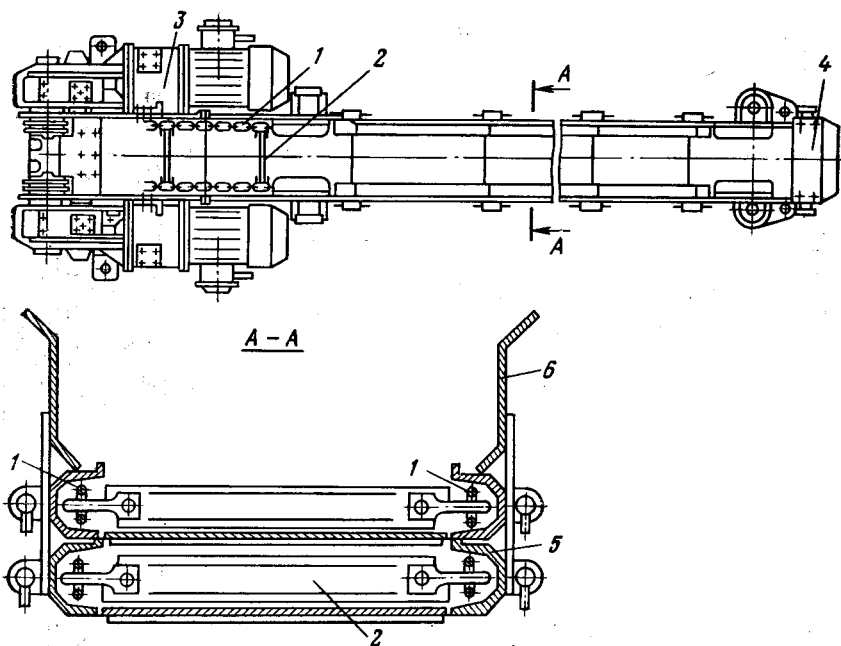


Рис. 14.14. Скреповый конвейер CP70M:

1 — тяговые круглозвенные цепи; 2 — скребок; 3 — привод; 4 — концевая головка; 5 — решетчатый став; 6 — борт

из очистных забоев, и агрегатные, входящие в состав выемочных комплексов и выполняющие, кроме транспортирования, функции опорной направляющей для добычной машины.

По способу перемещения в забое скреповые конвейеры выполняют разборными, переносными или передвижными. Последние без разборки перемещают в очистном забое механическими передвижками (гидроцилиндрами).

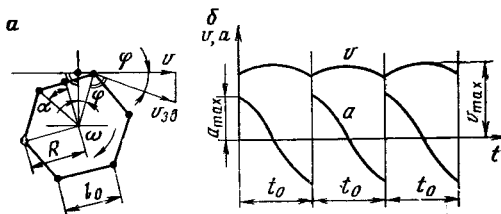
Ветви тяговых цепей скрепового конвейера, рабочая и порожняя, могут быть расположены одна над другой в вертикальной плоскости или обе — в горизонтальной.

Основные параметры современных скреповых конвейеров — производительность до 500—600, максимум до 900 т/ч; длина горизонтального става до 300—350 м; угол наклона до 20—25°.

От угла установки скрепового 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 скрепового конвейера. При частичном заполнении желоба или наклонном (свыше +3°) расположении става конвейера и транспортировании

Рис. 14.15. Схемы для определения кинематических и динамических параметров тяговой цепи:

*a* — расположение цепи на приводной звездочке; *b* — диаграмма изменения скорости  $v$  и ускорения  $a$  тяговой цепи во времени



вверх по восстанию горная масса скапливается порциями перед скребками и перемещается прерывным потоком, что приводит к снижению производительности скребкового конвейера.

*Устройство и основные узлы.* 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 рештачного става (рис. 14.13, *a*); двухцепной с двумя тяговыми цепями, расположенными в направляющих ручьях рештака (рис. 14.14); двухцепной с двумя тяговыми цепями, сближенными и вынесенными из направляющих ручьев рештака.

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 (см. рис. 14.13, *b*) 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 (рис. 14.15, *a*). Окружная скорость (м/с) звездочки

$$v_{зв} = \omega R,$$

где  $\omega$  — частота вращения звездочки,  $c^{-1}$ ;  $R$  — радиус начальной окружности звездочки, м.

Скорость движения цепи  $v$  (м/с) при повороте звездочки на угол  $\varphi$ , который изменяется от  $-\alpha$  в начале зацепления шарнира цепи с зубом звездочки до  $+\alpha$  в конце зацепления,

$$v = v_{3в} \cos \varphi = \omega R \cos \varphi.$$

Средняя скорость (м/с) движения цепи

$$v_{ср} = z l_0 / t_0 = z l_0 \omega / 2\pi,$$

где  $t_0$  — период зацепления (с) одного шарнира цепи, равный времени перемещения цепи на длину грани звездочки или шага цепи  $l_0$  (м);  $z$  — число зубьев звездочки.

Ускорение цепи (м/с<sup>2</sup>)

$$a = \frac{dv}{dt} = -\omega R \sin \varphi \frac{d\varphi}{dt}.$$

Так как  $d\varphi/dt = \omega$ , то  $a = -\omega^2 R \sin \varphi$ .

Из диаграммы изменения скорости и ускорения цепи (рис. 14.15, б) видно, что в пределах периода зацепления  $t_0$  максимальное ускорение возникает при  $\varphi = -\alpha$ , соответствующем началу зацепления шарнира цепи с зубом звездочки.

Максимальное ускорение цепи (м/с<sup>2</sup>)

$$a_{\max} = \omega^2 R \sin \alpha.$$

При  $\omega = (2\pi v_{ср}) / (z l_0)$  и  $\sin \alpha = l_0 / 2R$ .

$$a_{\max} = 2\pi^2 v_{ср}^2 / z^2 l_0.$$

Таким образом, ускорение цепи пропорционально квадрату скорости ее движения и обратно пропорционально шагу цепи и квадрату числа зубьев звездочки.

Из-за неравномерности движения в цепях возникают динамические усилия, которые приводят к усталостному разрушению цепей. Так как ускорение в пределах одного периода зацепления изменяется от  $+a_{\max}$  до  $-a_{\max}$ , то динамические усилия имеют знакопеременный характер. 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 до четырех приводных блоков: два — в головной части (см. рис. 14.14) 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.

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. При номинальной нагрузке теряемая мощность выделяется в виде тепла, при этом температура жидкости не превышает 80°С. При увеличении нагрузки или заклинивании тяговой цепи температура рабочей жидкости повышается, выплавляется предохранительная плавкая пробка и жидкость

вытекает из гидромурфы, после чего двигатель работает вхолостую.

Став скребкового конвейера собирают из отдельных унифицированных рештаков, представляющих собой штампованные или сварные 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 (см. рис. 14.12), 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.

*Типы скребковых конвейеров.* 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. В разборных переносных конвейерах цифра, следующая за буквенным обозначением, указывает ширину рабочего желоба в сантиметрах.

Для транспортирования горной массы из подготовительных забоев применяют переносные разборные скребковые конвейеры С53А, С53МУ, С50 и СР70М. В конвейере С53А и С53МУ применена разборная штампованная цепь (см. рис. 14.13), а в конвейере С50 — круглозвенная цепь и усиленные рештаки. Кроме горной массы, этими конвейерами можно транспортировать различное оборудование, лесоматериалы и другие вспомогательные грузы.

Скребковый конвейер С53МУ обеспечивает максимальную производительность до 200 т/ч. Максимальная длина транспортирования до 250 м, скорость рабочего органа 0,8 м/с, мощность приводного блока 45 кВт.

Производительность конвейера С50 составляет до 250 т/ч, длина доставки до 210 м, скорость рабочего органа 1,07 м/с, мощность приводного блока 55 кВт.

Разборный двухцепной конвейер СР70М при скорости рабочего органа 1,08 м/с обеспечивает производительность до 450 т/ч. Макс-

симальная длина доставки 270 м, мощность приводного блока 55 кВт. Возможна установка на конвейере двух, трех или четырех приводных блоков.

Применяют специальные скребковые конвейеры, у которых решетчатый став изгибается под углом 90°. Такой конвейер имеет одну тяговую цепь с консольными скребками и обеспечивает доставку горной массы по двум взаимно перпендикулярным выработкам.

При проведении выработок комбайнами применяют скребковые перегружатели, используемые совместно с телескопическими ленточными конвейерами. В рудных шахтах по добыче калийных солей широкое распространение получили бункер-перегружатели, в днище которых встроен двухцепной скребковый конвейер. Бункер-перегружатель установлен на колесах и в процессе проведения выработки перемещается проходческим комбайном.

Короткие скребковые конвейеры используют в механизированных бункерах, представляющих собой желоб большой вместимости с высокими бортами, в днище которого встроены один или два скребковых конвейера, предназначенных для распределения горной массы по длине бункера и ее выгрузки из бункера. Такие бункера используют для аккумуляирования горной массы при ведении очистных и подготовительных работ.

Для выгрузки горной массы из бункеров применяют многоцепные скребковые питатели (до 4—8 цепей) с шахматным расположением скребков между цепями.

*Расчет скребковых конвейеров.* В скребковом конвейере, выбранном для транспорта горной массы из подготовительного забоя, производят проверочный расчет производительности, прочности тяговых цепей, мощности привода, а также возможной длины конвейера в одном ставе.

Исходными данными для проверочного расчета являются: расчетный грузопоток, поступающий от проходческого комбайна или погрузочной машины, угол наклона установки, плотность горной массы, а также параметры, взятые из технической характеристики конвейера.

Техническая производительность скребкового конвейера (т/ч)

$$Q_T = 3600 \Omega_0 k_3 \gamma k_{\beta} v.$$

Коэффициент заполнения желоба: для горизонтальных конвейеров  $k_3 = 0,6—0,8$ ; для наклонных, транспортирующих вниз,  $k_3 = 1$ , транспортирующих вверх  $k_3 = 0,4 \div 0,5$ . Изменение коэффициента заполнения в зависимости от угла наклона конвейера объясняется тем, что при горизонтальном положении и транспортировании вверх груз перемещается скребками отдельными порциями, а при транспортировании вниз груз движется сплошной массой.

Величину  $\Omega_0$  определяют по номинальной площади поперечного сечения желоба.

Значения коэффициента  $k_{\beta}$  выбирают в зависимости от угла наклона  $\beta$  (градус) установки конвейера:

$\beta$ . . . . .	$\geq -10$	-5	0	+10	+20
$k_{\beta}$ . . . . .	1,5	1,3	1,0	0,7	0,3

Скорость движения тяговой цепи скребкового конвейера принимают из характеристики. Обычно она составляет 0,8—1,4 м/с.

Производительность конвейера должна быть больше расчетной производительности поступающего на него грузопотока.

Прочность цепей определяют по их максимальному натяжению  $S_{\max}$ , которое находят методом обхода контура по точкам (2.2), принимая  $S_1 = 2500 \div 3000$  Н. При этом сопротивление движению на грузовой ветви (Н)

$$W_{гр} = L[q_T(w_T \cos \beta \mp \sin \beta) + Lq(w_{гр} \cos \beta \mp \sin \beta)]g \quad (14.13)$$

и сопротивление движению на порожней ветви (Н)

$$W_{пор} = Lq_T(w_T \cos \beta \mp \sin \beta)g. \quad (14.14)$$

Коэффициент сопротивления перемещению цепи со скребками по желобу  $w_T = 0,4$ ; горной массы по желобу  $w_{гр} = 0,6 \div 0,8$ .

Массу 1 м цепи со скребками  $q_T$  (кг/м) принимают из характеристики конвейера. Масса груза, приходящаяся на 1 м желоба (кг/м),  $q = Q_T/3,6 v$ .

Действительный запас прочности цепи

$$m = S_{раз} \lambda / S_{\max}, \quad (14.15)$$

где  $S_{раз}$  — разрывное усилие одной цепи, Н;  $\lambda$  — коэффициент, учитывающий неравномерность распределения тягового усилия между цепями и количество цепей. Для двухцепных конвейеров с круглозвенными цепями  $\lambda = 1,83$ ; со штампованными разборными цепями  $\lambda = 1,5$ ; для одноцепных  $\lambda = 1$ .

Допускаемый запас прочности цепей  $m \geq 4 \div 6$ .

Суммарное тяговое усилие  $F$

(Н)

$$F = k(W_{гр} + W_{пор}), \quad (14.16)$$

где  $k = 1,1$  — коэффициент, учитывающий сопротивления на концевых звездочках.

Мощность привода (кВт)

$$N = k_{уст} F v / 1000 \eta, \quad (14.17)$$

где  $\eta = 0,8 \div 0,85$  — к.п.д. трансмиссии привода.

Если расчетная мощность одного двигателя окажется больше

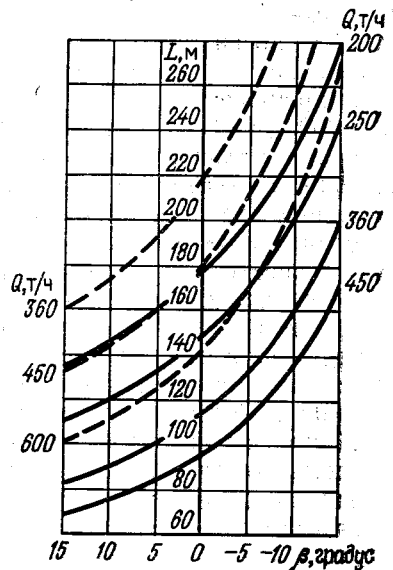


Рис. 14.16. График зависимости длины конвейера CP70M от угла наклона при  $N = 180$  кВт и  $v = 1,37$  м/с (пунктирная линия) и  $N = 90$  кВт и  $v = 1,024$  м/с (сплошная линия)

паспортной, то определяют необходимое число приводных блоков. При этом делят расчетную мощность на паспортную одного двигателя и распределяют приводы по концевым станциям, после чего производят повторный расчет по определению  $S_{\max}$  и запасу прочности цепи  $m$ .

Длину конвейера  $L$  (м) в одном ставе можно определить по формуле (14.17), подставив в нее значение  $F$  из (14.16) и значения  $W_{\text{гр}}$  и  $W_{\text{пор}}$  из (14.13) и (14.14):

$$L = \frac{1000N\eta}{[2q_{\text{г}}w_{\text{г}} \cos \beta + q(w_{\text{гп}} \cos \beta \mp \sin \beta)] g v k_{\text{устк}}} \quad (14.18)$$

Практически длину скребкового конвейера для различных условий эксплуатации определяют по графикам изменения длины в зависимости от угла наклона конвейера (рис. 14.16).

#### 14.5. Специальные конвейеры

Кроме традиционных типов ленточных и скребковых конвейеров и перегружателей в определенных условиях эксплуатации применяют крутонаклонные ленточные, ленточно-канатные и ленточно-цепные, пластинчатые конвейеры и питатели.

Крутонаклонные конвейеры предназначены для транспортирования горной массы под углом наклона свыше  $18^\circ$ . Так, например, на перегружателях с углами установки  $23$ — $30^\circ$  применяют ленты, на рабочей поверхности которых привулканизированы выступы и рифы, равные двойной толщине ленты и обеспечивающие удержание на ленте мелкокусковой горной массы (см. рис. 11.8).

В крутонаклонных конвейерах с углами установки  $40$ — $60^\circ$  применяют ленты с поперечными перегородками и гофрированными бортами.

Ленточно-канатные конвейеры являются уникальными установками и используются в магистральных выработках большой протяженности и на поверхности при грузопотоках от 1000 до 3000 т/ч. В данном конвейере функции несущего органа выполняет специальная лента невысокой прочности, а функции тягового органа — два стальных каната. Преимуществами ленточно-канатных стационарных конвейеров являются: обеспечение длины в одном ставе до нескольких километров (иногда 10—15 км); малая энергоемкость транспортирования.

В ленточно-цепных конвейерах функции несущего органа выполняет лента, а тягового — одна или несколько цепей. Ввиду сложности конструкции и ограниченной скорости транспортирования эти конвейеры не получили распространения в горнодобывающей промышленности.

В пластинчатых конвейерах перемещение горной массы осуществляется пластинчатым полотном, выполняющим функции только грузонесущего органа. Функции тягового органа выполняют одна или две цепи, на которых закреплено грузонесущее полотно.



Преимущества пластинчатых конвейеров — возможность транспортирования крупнокусковой абразивной горной массы, а также транспортирования по криволинейным выработкам и выработкам под большими углами наклона; большая длина конвейера в одном стае при применении промежуточных приводов. Недостатки — большая металлоемкость става и массы подвижных частей; сложная конструкция пластинчатого полотна, пластины которого в процессе эксплуатации деформируются, вызывая просыпь мелочи; высокая трудоемкость монтажа. Поэтому при проведении горных выработок пластинчатые конвейеры не применяют.

Разновидность конструкции пластинчатых конвейеров — пластинчатые питатели, в которых пластинчатое полотно перемещается по стационарно закрепленным массивным роликам, установленным на подшипниках скольжения. Такие питатели длиной 5—15 м и несущим полотном шириной 1200—1600 мм предназначены для подачи абразивной крупнокусковой горной массы из бункеров и различных емкостей.

Разрабатываются 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.

#### **14.6. Эксплуатация и автоматизация конвейерного транспорта**

Надежная работа конвейеров обеспечивается правильным их монтажом и строгим выполнением инструкции по эксплуатации конкретного типа конвейера.

Монтаж ленточного конвейера рекомендуется производить в следующей последовательности: монтаж механической части; монтаж электрооборудования и пускорегулирующей аппаратуры; навеска и стыковка ленты; монтаж аппаратуры автоматизации и сигнализации.

Вначале в подготовительной выработке под перегружателем проходческого комбайна устанавливают концевую головку, собирают став, у сопряжения проводимой и откаточной выработок монтируют привод конвейера. Затем в зависимости от типа применяемого конвейера соединяют тяговые цепи или стыкуют конвейерную ленту. Для доставки элементов конвейера при его наращивании и вспомогательных грузов параллельно трассе конвейера укладывают рельсовый путь или монтируют монорельсовую дорогу. Если имеются в наличии, применяют самоходные транспортные средства.

Зазор между стенкой выработки или крепью и конвейером должен быть не менее 0,7 м, между конвейером и крепью или подвижным составом монорельсового вспомогательного транспорта — не менее 0,4 м. Расстояние от верхней выступающей части конвейера до верхняка — не менее 0,5, а у концевых станций

0,6 м. Высота свободного падения горной массы на ленту конвейера без направляющих лотков — не более 300 мм.

Перед началом эксплуатации конвейер обкатывают вхолостую не менее 20—30 мин, затем проверяют его под нагрузкой, постепенно загружая до расчетной производительности.

Техническое обслуживание конвейеров во время эксплуатации производят ежесменно, ежесуточно, еженедельно и ежемесячно согласно инструкции завода-изготовителя.

Во время эксплуатации конвейера особое внимание следует обращать на состояние рабочих органов, цепей или ленты, раскрепление приводной и концевой станций, узлов, соединения рештаков или опорных секций, обеспечение центральной загрузки ленты и ее центрирование, состояние роlikоопор и работу очистных устройств.

Автоматизацию отдельных конвейеров и конвейерных линий осуществляют по двум основным схемам: дистанционное управление — автоматизируются только пуск и остановка конвейера; автоматизированный контроль за работой конвейера и его элементов — автоматически отключаются приводные двигатели при нарушении режима работы отдельных элементов конвейера.

На отдельных конвейерах и конвейерных линиях устанавливают аппаратуру автоматизированного или дистанционного управления, которая обеспечивает: подачу звукового сигнала перед пуском; включение конвейеров, установленных в одну линию; отключение в определенной последовательности всех конвейеров, транспортирующих горную массу на вышедший из строя конвейер; аварийное отключение, например при обрыве тягового органа, срабатывании защиты электродвигателя, затынувшемся пуске конвейера, завале перегрузочного устройства. Схема управления конвейерами должна обеспечивать отключение привода из любой точки по длине става и перевод с автоматизированного на местное управление.

Для контроля скорости движения ленты и приводного барабана ленточных конвейеров используют тахогенераторные или магнитоиндукционные датчики, а для контроля запуска конвейера по времени и отключения привода при снижении скорости ленты на 25% от номинального значения применяют реле скорости. Датчиками осуществляется контроль: порыва тягового органа, бокового схода конвейерной ленты; пробуксовки ленты относительно приводного барабана; заштыбовки и урвонья горной массы в местах перегрузки с одного конвейера на другой; включения и отключения системы орошения в перегрузочных пунктах конвейерной линии.

Для экстренной остановки ленточного конвейера из любой точки по его длине применяют линейные устройства, состоящие из протянутых вдоль конвейера тросовых тяг с конечными выключателями.

Автоматизированное управление конвейерными линиями осуществляется комплексом аппаратуры типа АУК-10ТМ, которая

обеспечивает: автоматический последовательный пуск конвейеров в порядке, обратном направлению движения грузопотока; дистанционное управление конвейерной линией с выносного кнопочного пульта; автоматическое отключение привода конвейера при разрыве рабочего органа, затянувшемся пуске, заштыбовке мест пересыпки; подачу предупредительных звуковых сигналов и двустороннюю телефонную связь.

Основными правилами безопасности запрещается устранение неисправностей на работающем конвейере; работа на конвейере без ограждения вращающихся частей концевых станций; перевозка людей и грузов, не подлежащих транспортированию данным типом конвейера.

## 15. ТРАНСПОРТ ПОД ДЕЙСТВИЕМ СОБСТВЕННОГО ВЕСА

### 15.1. Принцип действия и область применения

Транспортирование грузов под действием собственного веса происходит при скатывании или сползании груза по наклонной плоскости или свободном падении по вертикали.

По наклонной плоскости движение груза начинается при таком угле наклона, при котором составляющая веса груза  $Gg \sin \beta$  оказывается больше силы трения  $Ggf \cos \beta$  (рис. 15.1, а) или

$$Gg \sin \beta > Ggf \cos \beta,$$

где  $f$  — коэффициент трения частицы груза по плоскости;  $G$  — масса груза, кг.

Следовательно, равноускоренное движение груза происходит при  $\operatorname{tg} \beta > f$ , а минимальное значение угла наклона плоскости, при котором начинается движение,  $\beta_{\min} = \operatorname{arctg} f$ .

Сила (Н), под действием которой движется груз,

$$F = Gg (\sin \beta - f \cos \beta).$$

Ускорение (м/с<sup>2</sup>) груза

$$a = Fg/G = g (\sin \beta - f \cos \beta).$$

Для определения конечной скорости движения частицы груза на длине пути  $l$  необходимо ее кинетическую энергию приравнять к работе силы  $F$  на этом пути, т. е.

$$\frac{G(v_k^2 - v_n^2)}{2} = Fl = \frac{Gg (\sin \beta - f \cos \beta)}{\sin \beta} h.$$

Тогда конечная скорость (м/с)

$$v_k = \sqrt{2g(1 - f \operatorname{ctg} \beta) h + v_n^2}.$$

Конечную скорость транспортирования не следует допускать более 2—2,5 м/с.

В транспортных установках под действием собственного веса перемещение грузов производят по почве наклонных выработок,

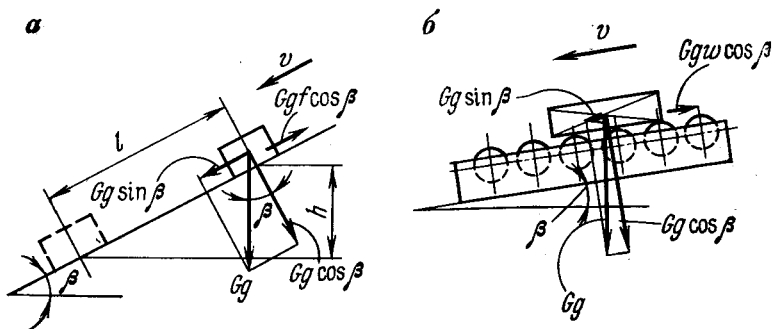


Рис. 15.1. Силы, действующие при движении груза по наклонной плоскости: а — скольжение по почве или желобам; б — качение по ролямгу

металлическим желобам, деревянному настилу, трубам. Вертикальное перемещение осуществляется свободным падением по трубам или рудоспускам.

Гравитационный транспорт возможен практически при следующих углах наклона: порода или уголь по почве —  $35\text{--}38^\circ$ ; руда по почве —  $50\text{--}55^\circ$ ; уголь по стальным листам —  $17\text{--}25^\circ$ ; руда по стальным листам —  $35\text{--}45^\circ$ .

Преимущества этого вида транспорта — простота конструкции; отсутствие электромеханического оборудования; возможность использования транспортных выработок в качестве аккумулярируемых емкостей. Недостатки — значительный износ грузонесущих элементов; возможность транспортирования только одного вида груза; сложность регулирования скорости перемещения.

Транспорт насыпных грузов под действием собственного веса широко применяют на рудных и угольных шахтах при добыче полезных ископаемых, при закладочных работах, при проведении восстающих выработок, в технологических комплексах поверхности шахт, а также для доставки в подземные выработки по трубам бетонной смеси и жидкого топлива для самоходных машин с дизельным приводом, а по скатам — леса и других вспомогательных грузов.

Для перемещения штучных грузов под действием собственного веса, например для доставки в щитовом комплексе железобетонных блоков обделки к крепеукладчику (см. рис. 3.8), применяют наклонные ролямгу (рис. 15.1, б). Для обеспечения движения груза по наклонному ролямгу необходимо, чтобы  $\text{tg } \beta > \omega$ , где коэффициент сопротивления качению груза по роликам  $\omega = 0,02 \div 0,03$ .

## 15.2. Оборудование транспорта под действием собственного веса

По наклонным горным выработкам горную массу доставляют вниз по почве, деревянному настилу или эмалированным решта-

кам. Для снижения скорости движения горной массы над трассой спускаемого груза навешивают тормозные клапаны.

При проведении восстающих выработок в крепких породах под углом 60—90° широко применяют комплексы типа КПВ, в которых отбитая горная масса из забоя доставляется сползанием или свободным падением в зависимости от угла наклона проводимой выработки. Комплекс состоит из грузоподъемного самоходного полка, передвижение которого осуществляется по монорельсу с цевочной рейкой от пневматического привода, установленного на полке, и шланговой лебедки для подачи сжатого воздуха к пневмодвигателю. Монорельс собирают из отдельных секций, в которые вмонтированы трубы для подачи воды и сжатого воздуха к бурильному оборудованию и для проветривания забоя. Секции монорельса крепятся к стенкам выработки анкерами.

С полка производят обуривание забоя телескопическими перфораторами и зарядание шпуров. Для обеспечения полной безопасности полки снабжены колодочным тормозом, заблокированным с пусковой аппаратурой двигателя, ручным эксцентриковым тормозом, автоматическим двухэксцентриковым ловителем и механизмом аварийного спуска.

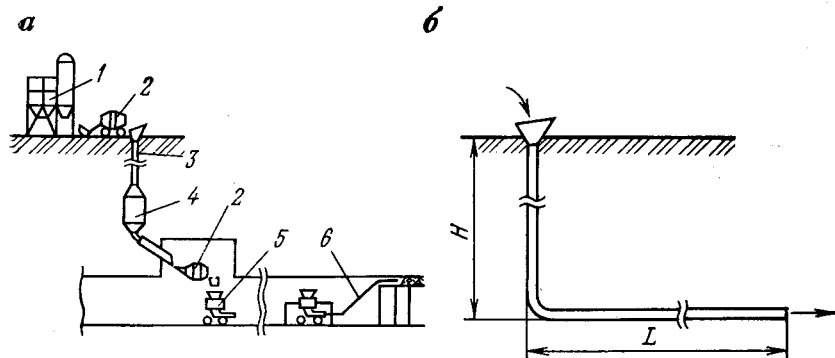
Уборку горной массы, поступившей после взрыва на почву штрека, производят скреперной установкой или погрузочной машиной.

При одновременной проходке восстающей выработки и откаточного штрека отбитую породу из восстающей выработки не выпускают на почву штрека, а через люк загружают в вагонетки. Люк оборудуют лотковым затвором, управляемым от пневмоцилиндра. При проведении взрывных работ и погрузке породы в вагонетки полки находятся в нижней части восстающей выработки и закрыты откидной предохранительной заслонкой, управляемой пневмоцилиндром.

При строительстве различных подземных сооружений и шахт подачу бетонной смеси осуществляют с поверхности по вертикальным трубопроводам под действием собственного веса смеси. Бетонную смесь подают по трубам диаметром от 100 до 250 мм. Трубопровод может иметь только вертикальную часть, при этом бетонная смесь подается либо в вагонетки и в них транспортируется по горизонтальным выработкам до пневмобетонагнетателя, либо в пневмобетонагнетатель, от которого по гибкому рукаву под давлением подается к месту производства бетонных работ (рис. 15.2, а).

Возможна подача бетонной смеси по одному вертикальному трубопроводу на несколько горизонтов, при этом на промежуточном горизонте устраивают приемный бункер и бетонную смесь по гибким рукавам распределяют на этом и нижележащих горизонтах.

За счет статического напора столба смеси в вертикальной части трубопровода возможно перемещение смеси на определенное расстояние по горизонтальной части трубопровода (рис. 15.2, б).



**Рис. 15.2.** Схемы транспортирования смеси под действием собственного веса: *а* — бетонной смеси; *б* — твердеющей закладочной смеси; 1 — склад цемента; 2 — бетоносмеситель; 3 — вертикальный трубопровод; 4 — промежуточный бункер; 5 — пневмобетононагреватель; 6 — гибкий рукав

Дальность транспортирования  $L$  смеси по горизонтали в 3—5 раз больше высоты  $H$  вертикального столба. В зависимости от состава бетонной смеси и дальности транспортирования скорость движения по горизонтальной части трубопровода составляет от 0,3 до 1 м/с.

Бетонная смесь должна транспортироваться под действием собственного веса по трубам без нарушения ее однородности. Непригодны для подачи по трубам малоподвижные и жесткие бетонные смеси. Смеси, подлежащие транспортированию по трубам, должны иметь водоцементное отношение 0,55—0,65 с хорошо подобранным составом заполнителей. Наибольшая крупность заполнения не должна быть больше  $1/3$  диаметра трубопровода.

## 16. ГИДРО- И ПНЕВОТРАНСПОРТ

### 16.1. Схемы, принцип действия и область применения гидро- и пневмотранспортных установок

В гидро- и пневмотранспортных установках мелкокусковый насыпной груз перемещается по трубам рабочей средой — водой или воздухом. В гидротранспортных установках перемещение груза осуществляется либо самотеком за счет разностей уровней по наклонным канавам или желобам (рис. 16.1, *а*), наклонным или вертикальным трубам, либо под действием избыточного давления, в которых пульпа (смесь воды с твердыми частицами груза) засасывается и транспортируется по трубопроводу пульпонасосом 1 (рис. 16.1, *б*), или насыпной груз загружают в трубопровод специальным загрузочным устройством — питателем 3, а воду подают в трубопровод насосом 2 (рис. 16.1, *в*). Применяют такие гидротранспортные установки, как гидроэлеватор (рис. 16.1, *г*), в насадку 4 которого подают под давлением воду и, благодаря большой скорости струи воды, выходящей из насадки, в камере

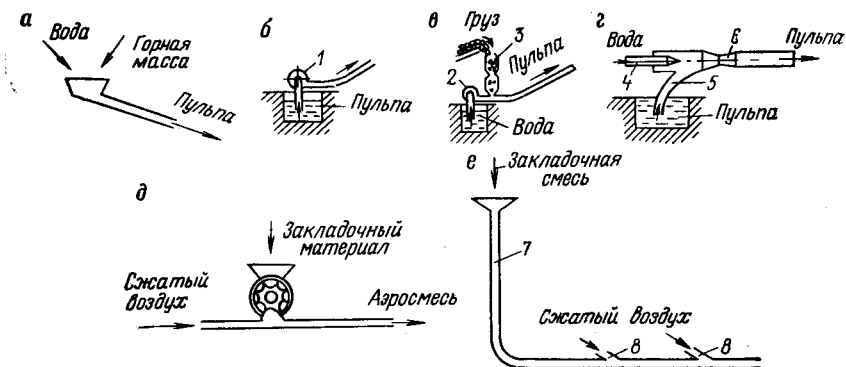


Рис. 16.1. Схемы гидро- и пневмотранспортных установок

гидроэлеватора создается вакуум. Пульпа через патрубок 5 засасывается в камеру и под напором струи попадает в горловину б и далее в трубопровод.

Перемещение груза в пневмотранспортных установках осуществляется за счет разности давлений воздушного потока в загрузочном и разгрузочном пунктах трубопровода.

Пневмотранспортные установки разделяют на нагнетательные, самотечно-нагнетательные (самотечно-пневматические) и всасывающие. В нагнетательных установках (рис. 16.1, д) сжатый воздух от компрессора или воздуходувки подают в трубопровод, в который вводит питателем груз и далее транспортируется под давлением воздуха по трубопроводу. В самотечно-пневматической установке (рис. 16.1, е) по вертикальной части 7 трубопровода бетонная смесь перемещается под действием собственного веса, далее — по горизонтальной части на относительно небольшой длине за счет статического напора в вертикальном трубопроводе. Для увеличения длины транспортирования на горизонтальном трубопроводе устанавливают пневмоэжекторы 8 под углом 25—30° к продольной оси трубопровода в сторону движения груза. Эжекторы соединяют гибкими шлангами с воздушной магистралью.

Во всасывающих установках груз через наконечник засасывается в трубопровод вакуум-насосом и транспортируется по трубопроводу до грузоотделителя.

Преимущества гидро- и пневмотранспортных установок — большая длина транспортирования по сложной трассе; простота и удобство прокладки трубопровода; возможность высокой степени автоматизации; относительно высокая производительность и малая трудоемкость. Недостатки — быстрый износ трубопроводов и оборудования; ограничение по кусковатости транспортируемого груза и необходимость предварительного его дробления; большой расход энергии.

В гидротранспортных самотечных установках на твердые частицы груза благодаря турбулентному движению гидросмеси действует подъемная сила от восходящих струй, благодаря чему частицы груза перемещаются во взвешенном или в частично взвешенном состоянии при уклоне желоба или трубы:

$$i = v_{кр}^2/Rc,$$

где  $v_{кр}$  — критическая скорость, при которой твердые частицы груза находятся в потоке воды во взвешенном состоянии, м/с;  $R$  — гидравлический радиус, равный отношению площади поперечного сечения потока к смоченному периметру, м;  $c$  — коэффициент Шези, величина которого зависит от гидравлического радиуса, сечения потока, шероховатости лотка.

Гидравлический радиус для трубы диаметром  $D_T$  (м)

$$R = \pi D_T^2/4\pi D_T = D_T/4.$$

Для открытого желоба глубиной  $h$  и шириной  $b$  гидравлический радиус (м)

$$R = bh/(b + 2h).$$

Уклон трассы в сторону движения пульпы при самотечном гидротранспорте, например, угля по металлическим желобам  $i = 0,05 \div 0,08$ , по эмалированным желобам  $i = 0,03 \div 0,05$ .

В напорных гидротранспортных установках при перемещении груза в потоке воды при турбулентном движении смеси в вертикальном трубопроводе частицы груза во взвешенном состоянии уравниваются выталкивающей силой по закону Архимеда и сопротивлением перемещению или

$$\frac{\pi d^3 \gamma_T}{6} g = \left( \frac{\pi d^3}{6} \gamma_0 + \lambda \frac{\pi d^2 \gamma_0}{4g} v^2_{кр} \right) g,$$

где  $\gamma_0$  — плотность воды, кг/м<sup>3</sup>;  $\lambda$  — коэффициент сопротивления при свободном падении частицы в воде;  $\gamma_T$  — плотность твердого (частиц груза), кг/м<sup>3</sup>;  $d$  — диаметр частицы груза, имеющей условно форму шара, м.

Скорость витания (критическая) (м/с)

$$v_{кр} = \sqrt{2dg(\gamma_T - \gamma_0)/3\gamma_0\lambda}.$$

Расчетную скорость движения пульпы при напорном гидротранспорте рекомендуется принимать выше критической в 2—2,5 раза.

В напорных пневмотранспортных установках скорость витания равна скорости воздушного потока, соответствующей взвешенному состоянию частиц груза.

Уравнение равновесия частицы, эквивалентной шару диаметром  $d$  (м), помещенной в восходящую воздушную струю в вертикальном трубопроводе, имеет вид

$$\frac{\pi d^3 \gamma_T}{6} g = \frac{\lambda_B \gamma_B \pi d^2}{4g} v_B g,$$



где  $\gamma_B = 1,2$  — плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>;  $\lambda_B$  — коэффициент сопротивления, зависящий от формы частицы и состояния ее поверхности;  $v_B$  — скорость витания, м/с:

$$v_B = \sqrt{2gd\gamma_T/3\lambda_B\gamma_B}.$$

Рабочая скорость азросмеси  $v = (1,5 \div 2) v_B$ .

Гидротранспортные установки с замкнутым циклом водоснабжения применяют в угольных гидрошахтах, в которых гидротранспортная система выполняет следующие операции: смыв отбитого угля или смеси угля с породой в очистных и подготовительных забоях; самотечное транспортирование от забоев по канавам и желобам, далее по трубам, прокладываемым по бремсбергам и углеспускным печам; дробление угля; гидроподъем и напорный гидротранспорт угля на обогатительную фабрику. Широко используют самотечный и напорный гидротранспорт для закладки выработанного пространства.

При проведении подготовительных выработок применяют самотечный гидротранспорт угля и напорный гидротранспорт породы в раскоску (при проходке по породному или смешанному забоям).

На гидрошахтах темпы проведения выработок (производительность труда проходчиков) выше, чем на шахтах с обычной технологией. При строительстве шахт иногда применяют напорный гидротранспорт для перемещения на поверхности дробленной породы в отвал.

Пневмотранспортные установки нагнетательного типа используют: при проведении выработок широким забоем для закладки дробленной породы в раскоску; для сухой закладки выработанного пространства в угольных и рудных шахтах; для подачи цемента на складах, цементных и бетонных смесей для крепления горных выработок и выполнения различных строительных работ в подземных условиях и на поверхности.

Самотечно-пневматические транспортные установки находят все более широкое применение для подачи бетонных смесей и твердеющей закладки при строительстве, эксплуатации и реконструкции рудных и угольных шахт.

## 16.2. Оборудование гидротранспортных установок

При проведении выработок, в основном в угольных гидрошахтах, разрушение горного массива производят гидромониторными струями (на углях с коэффициентом крепости  $f_k < 1$ ), проходческими комбайнами, буровзрывным способом. Отбитая горная масса вначале транспортируется самотечным гидротранспортом по желобам (рис. 16.2), которые изготавливают из листовой стали толщиной 3—6 мм и укладывают на почву выработки внахлестку в сторону движения пульпы с уклоном 0,03—0,08 (меньшие значения — для эмалированных желобов). Форма поперечного сечения желоба трапециевидная, высота до 300 мм, ширина внизу

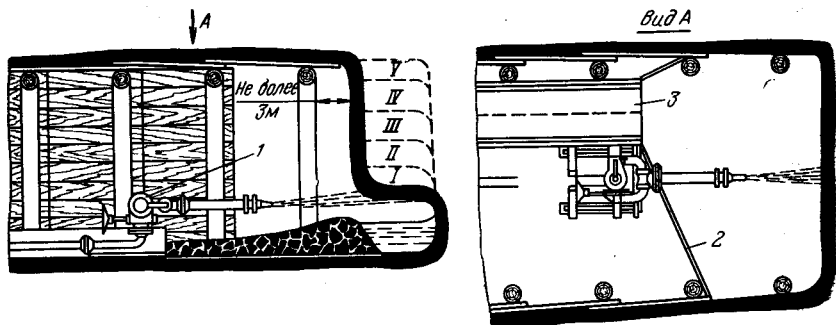


Рис. 16.2. Схема проведения выработки при отбойке угля гидромонитором и самотечным гидротранспортированием по наклонным желобам:  
 1 — гидромонитор с дистанционным управлением; 2 — направляющий щит; 3 — желоб;  
 I—V — последовательность отбойки слоев угля

400—570 мм, вверху 500—670 мм, длина до 2500 мм. Срок службы желобов, изготовленных из Ст. 3, составляет от 3 до 6 мес. Для повышения долговечности днища желобов армируют износостойкими наплавками.

Напорные гидротранспортные установки включают в себя трубопровод, пульпонасосы (углесосы), питатели, молотковые или зубчатые дробилки.

Трубы с наружным диаметром до 350—380 мм и длиной 3—4 м соединяют между собой в трубопровод фланцевыми или быстроразъемными соединениями. Толщину стенок труб принимают с учетом свойств транспортируемой горной массы. Для транспортирования абразивной горной массы внутреннюю поверхность труб упрочняют закалкой или армируют литым базальтом или резиной. Применяют биметаллические трубы, наружный слой которых выполнен из стали 30, а внутренний — из стали X12. Средняя пропускная способность биметаллических труб составляет 200—250 тыс. м<sup>3</sup> закладочных материалов. Для подачи воды и пульпы, предохранения от гидроударов трубопроводы оборудуют задвижками и вентилями, обратными клапанами.

Пульпонасосы отличаются от обычного центробежного насоса большими пропускными отверстиями для прохода кусков горной массы крупностью до 100 мм, меньшим числом лопаток рабочего колеса и лучшей защитой отдельных деталей от износа. Производительность пульпонасосов составляет 350—1400 м<sup>3</sup>/ч.

Для принудительного ввода горной массы в напорный трубопровод используют питатели, которые по принципу действия разделяют на питатели с непрерывным и циклическим рабочим процессом. Применяют в основном камерные питатели циклического действия, работающие по принципу обмена объема напорной воды на равный объем горной массы.

Для проведения выработок разработаны и прошли промышленную эксплуатацию проходческие гидротранспортные комплек-

сы, состоящие из загрузочного устройства с дробилкой, пульпоприготовителя, пульпонасоса или гидроэлеватора, смонтированных на передвижной платформе. Намыв массива в расколке производят закладочным монитором, трубопровод которого соединен с пульпоприготовителем шарнирно складывающимся трубопроводом, обеспечивающим гибкую связь между проходческим комплексом и местом производства закладочных работ.

С использованием гидротранспортных комплексов возможно проведение выработок широким смешанным забоем с отдельным гидротранспортом угля и породы в расколку. Угольный массив, предварительно ослабленный ВВ, смывают гидромонитором и транспортируют самотеком по желобам к узлу обезвоживания или напорного гидротранспорта. Взорванную породу погрузочной машиной подают в дробилку гидротранспортного передвижного комплекса, от которого пульпа гидроэлеватором или пульпонасосом по трубопроводу транспортируется в выработанное пространство — расколку.

При проведении выработок по углю или узким смешанным забоями вся горная масса поступает от погрузочной машины или проходческого комбайна в дробилку комплекса и далее — в систему напорного гидротранспорта.

### 16.3. Оборудование пневмотранспортных установок

При строительстве шахт применяют пневмотранспортные установки нагнетательного типа, основными элементами которых являются пневмозакладочные машины, компрессоры или воздуходувки и транспортный трубопровод.

Закладочные машины-питатели предназначены для подачи закладочных материалов в трубопровод. По принципу действия закладочные машины разделяют на машины барабанного типа с непрерывным рабочим процессом и камерного типа.

Пневмозакладочная машина барабанная типа ПЗБ-2 состоит из вращающегося на вертикальной оси дозирующего барабана с шестью ячейками (рис. 16.3). Загружаемый в приемную воронку закладочный материал последовательно заполняет ячейки вращающегося барабана. При совпадении ячейки с воздухоподающим и разгрузочным отверстиями закладочный материал выдувается из ячейки и поступает в закладочный трубопровод.

Для предотвращения утечек сжатого воздуха и износа барабана сверху его и снизу закреплены плиты из износостойкого сплава. Прижатие верхней крышки к барабану осуществляется гидроцилиндрами, снабженными пневмогидравлическим регулятором с мультипликатором. Усилие прижатия плит регулируется изменением количества воздуха, поступающего в мультипликатор.

Рабочее давление воздуха на выходе из закладочной машины не превышает 0,35 МПа, дальность транспортирования по горизонтали до 500 м, производительность до 200 м<sup>3</sup>/ч.

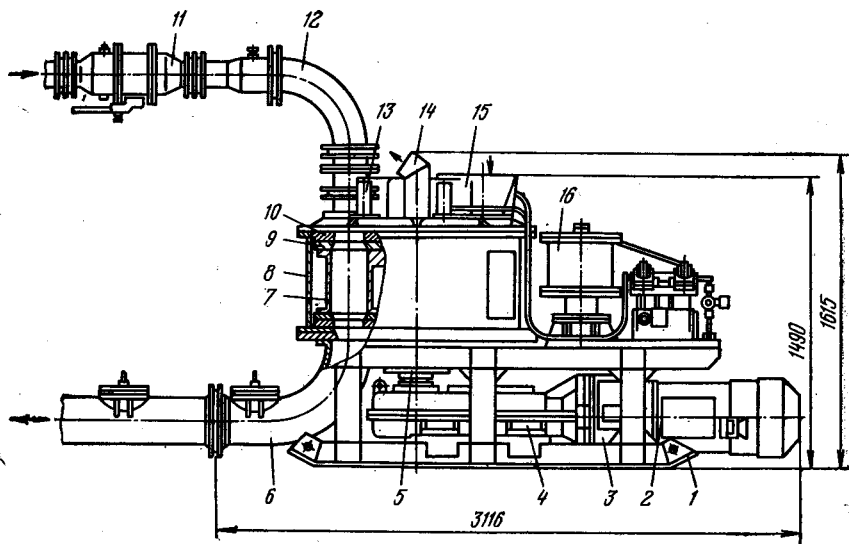


Рис. 16.3. Пневмозакладочная машина типа ПЗБ-2:

1 — рама; 2 — электродвигатель; 3 — турбомуфта; 4 — редуктор; 5 — зубчатая муфта; 6 — закладочный трубопровод; 7 — барабан; 8 — кожух; 9 и 10 — плиты; 11 — регулятор расхода воздуха; 12 — воздухопровод; 13 — гидроцилиндры; 14 — выхлопной патрубок; 15 — загрузочная воронка; 16 — пневмогидравлическое устройство

Закладочная машина с периодическим рабочим процессом типа ДЗМ-2 включает в себя две камеры, расположенные одна над другой. Закладочный материал непрерывно поступает в бункер верхней камеры. После открытия с помощью пневмоцилиндра сегментного затвора нижней камеры порция закладочного материала поступает в ее полость, затем затвор верхней камеры закрывается, верхняя камера через клапан заполняется сжатым воздухом и происходит уравнивание давления в обеих камерах. Далее открывается с помощью второго пневмоцилиндра затвор нижней камеры, закладочный материал попадает в нижнюю камеру на колесо лопастного питателя, которым закладочный материал выносится в напорный трубопровод, затвор нижней камеры закрывается и цикл машины повторяется. Рабочим циклом машины управляет автоматическая воздухораспределительная коробка, кулачковый вал которой приводится от пневмодвигателя.

Производительность двухкамерной закладочной машины составляет 30—120 м<sup>3</sup>/ч, дальность транспортирования 500—2000 м (бóльшие значения достигаются при наименьшей производительности).

Напорный трубопровод собирают из отрезков чугунных или стальных цельнотянутых труб длиной 1,5—3 м и диаметром 150—250 мм, толщина стенок 6—12 мм. Для увеличения долговечности внутренние стенки труб армируют камнелитыми или износостойкими стальными пластинами. Для возведения закладочно-

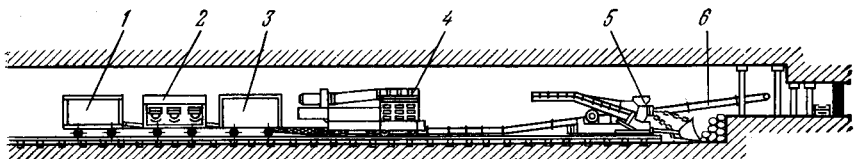


Рис. 16.4. Закладочный комплекс оборудования «Титан-1»

го массива применяют распределительный трубопровод, состоящий из линейных секций с шаровыми шарнирами.

При проведении выработок широким забоем и механизированного заполнения за крепью закладочным материалом применяют передвижной закладочный комплекс (рис. 16.4), состоящий из породопогрузочной машины 5, дробильно-закладочной установки типа «Титан-1» 4, воздуходувки 3, передвижной электростанции 1 с распределительным пунктом 2 и электрооборудованием.

Взорванную горную массу погрузочной машиной подают в приемное устройство установки «Титан-1», состоящей из зубчатой дробилки и двухъячейного питателя. При перемещении питателя кривошипно-шатунным механизмом каждая ячейка сообщается поочередно с камерой загрузки дробленой породой и с камерой продувки сжатым воздухом, поступающим от воздуходувки, благодаря чему дробленая порода с размерами отдельных кусков до 60 мм поступает порциями в загрузочную секцию и далее в напорный закладочный трубопровод 6. Производительность установки 20—60 м<sup>3</sup>/ч, дальность транспортирования до 80 м с одним поворотным коленом с углом 90°.

Применение передвижных закладочных комплексов, включающих установку «Титан-1», позволяет полностью механизировать закладочные работы, сократить численный состав проходческой бригады более чем вдвое, увеличить производительность труда проходчиков и снизить затраты на проведение горной выработки широким забоем.

Для возведения твердеющего закладочного массива, выполняющего роль искусственной кровли или крепи, применяют самотечно-пневматические установки (см. рис. 16.1, д), пневмонагнетатели и бетононасосы.

Для укладки бетонной смеси за опалубку широко применяют пневмонагнетатели, преимуществами которых являются простота конструкции и относительно высокая производительность при скорости движения смеси 0,45—1,0 м/с, давлении воздуха 0,25—0,5 МПа, расстоянии транспортирования до 150—200 м.

Пневмонагнетатель (пневмобетонуукладчик) представляет собой резервуар, из которого смесь вытесняется сжатым воздухом в транспортный бетонопровод. Подвод сжатого воздуха производят в верхнюю часть резервуара или к выходному колену бетонопровода. Бетонную смесь, которая под действием собственного

веса поступает с поверхности по трубам в подземную бетономешалку, перегружают в передвижной бетоноукладчик или в вагонетки и доставляют к полустационарному бетоноукладчику. При проведении выработок на рудных шахтах применяют бетоноукладочные машины на пневмошинном механизме перемещения. На машине установлены бункер с дозирующими шнеками и питатель, служащий для подачи сухой бетонной смеси в трубопровод, по которому сжатым воздухом смесь транспортируется к месту укладки. На расстоянии 10 м от конца трубопровода установлен узел затворения сухой бетонной смеси водой. Производительность такой машины до 10—12 м<sup>3</sup>/ч по сухой смеси, дальность транспортирования до 250 м.

#### **16.4. Автоматизация и эксплуатация гидро- и пневмотранспортных установок**

Устройства автоматизации гидро- и пневмотранспортных установок должны создавать оптимальный режим работы, при котором обеспечиваются высокая надежность и заданная производительность при минимальных затратах энергии на транспортирование.

При автоматизации пневмотранспортных установок поддерживается максимально допустимое содержание груза в аэросмеси при минимально допустимом давлении и регулируемом расходе воздуха, а при автоматизации гидротранспортных установок — максимально возможное содержание твердой фракции в пульпе при минимально допустимой скорости движения пульпы и обеспечении постоянной заданной производительности по твердой фракции. Кроме того, схемы управления гидротранспортными установками обеспечивают заливку насоса, автоматическое управление приводом (пуск и остановку) пульпонасосов, контроль за подачей промывочной воды к бронедискам и подшипникам рабочего колеса для их охлаждения и промывки трубопроводов после остановки насоса.

При монтаже гидро- и пневмотранспортных установок трассу прокладки трубопроводов следует принимать по возможности прямолинейной с минимальным количеством поворотов.

В процессе эксплуатации необходим тщательный контроль за наиболее изнашиваемыми деталями установок и состоянием проходных каналов трубопроводов. Остаточную толщину стенок трубопроводов контролируют ультразвуковым толщиномером. По результатам замеров производят поворот труб на 90, 120 и 180°, что обеспечивает более равномерный износ их внутренней поверхности.

Основными правилами безопасности не разрешается: ликвидация пробок простукиванием кувалдой при остаточной толщине стенок трубы менее 4—5 мм; превышение давления в трубопроводе более расчетного.

## ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ ДЛЯ ДОСТАВКИ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ГРУЗОВ

---

### 17. ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ДОСТАВКИ РАЗЛИЧНЫХ ГРУЗОВ И ПЕРЕВОЗКИ ЛЮДЕЙ. МЕХАНИЗАЦИЯ ПОГРУЗОЧНО-РАЗГРУЗОЧНЫХ РАБОТ

#### 17.1. Виды вспомогательного транспорта и области его применения

При переходе от первого основного периода строительства шахты (проходка стволов) ко второму основному периоду (проведению горизонтальных и наклонных выработок) возрастают объемы потребления различных строительных и крепежных материалов, труб, рельсов, шпал, балласта для устройства рельсовых путей, различного горного оборудования, используемого при проведении выработок.

Схема транспорта необходимых для строительства грузов от заводов-поставщиков или баз до мест потребления в шахте состоит из следующих звеньев (рис. 17.1): транспорта общего назначения от завода-изготовителя до базы или шахтного склада; транспорта на поверхности шахты от склада до устья ствола; спуска по стволу; внутришахтного транспорта от ствола до подготовительных забоев.

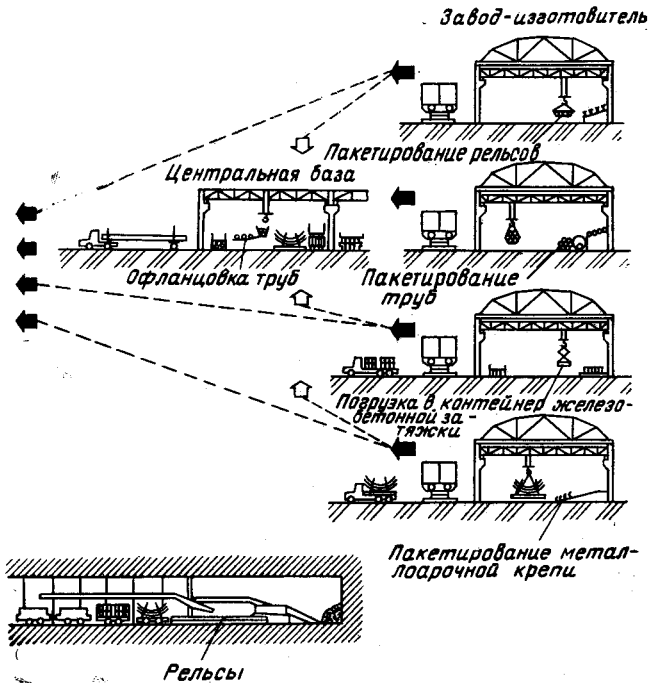
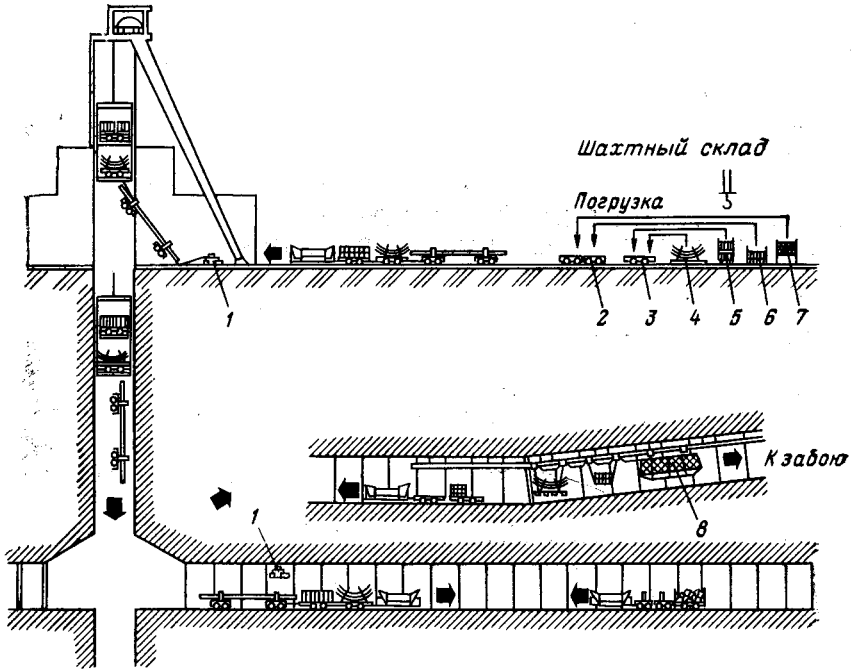
Для перемещения грузов от заводов до шахтных складов применяют железнодорожный или автомобильный транспорт, а также средства механизации погрузочно-разгрузочных и складских работ (автопогрузчики, краны, тельферы, различные пакирующие установки и др.).

От шахтного склада до устья ствола грузы доставляют обычно рельсовым транспортом узкой колеи.

По вертикальным стволам грузы в зависимости от габаритов спускают в клетях или подвешенными под клеть. По наклонным стволам грузы в шахту доставляют обычно концевой канатной откаткой или самоходным транспортом, а по штольням — локомотивным транспортом или автомобилями.

В шахте от ствола до подготовительных забоев людей и грузы перевозят внутришахтным вспомогательным транспортом, в качестве которого наиболее широко применяют напочвенные, а также подвесные виды транспортных установок.

К напочвенным видам вспомогательного транспорта относят рельсовые и безрельсовые транспортные установки. К рельсовым видам транспорта относятся: рельсовая локомотивная откатка и одноконцевая канатная откатка, специальные напочвенные дороги с бесконечным тяговым канатом, а также с локомотивной тягой, обеспечивающие преодоление повышенных углов наклона.





К безрельсовым видам транспорта относят самоходные транспортные машины на пневмошинном механизме перемещения, самоходные вагоны, автомобили и различные специализированные самоходные транспортные установки с дизельным или электрическим приводом.

На угольных шахтах в качестве напольного средства транспорта ограничено применяют волокуши, перемещаемые возвратно-поступательно по специальным направляющим двумя канатными лебедками.

Подвесные виды транспорта включают моно- и двухканатные подвесные дороги и монорельсовые дороги с канатной и локомотивной тягой.

Для доставки грузов и перевозки людей в угольных шахтах используют грузолюдские ленточные конвейеры с обеими рабочими ветвями: верхняя ветвь подвешена к кровле выработки и предназначена для транспортирования грузов, а нижняя ветвь расположена на опирающихся на почву роликотпорах и служит для перевозки людей.

В период строительства угольных и рудных шахт для транспортирования различных грузов широкое распространение получила наиболее эффективная локомотивная откатка. Применяют также монорельсовые дороги, а во многих рудных шахтах — самоходный транспорт. Начато внедрение вспомогательного самоходного транспорта и при строительстве отечественных угольных шахт.

При эксплуатации и реконструкции угольных шахт, когда необходимо проведение большого количества подготовительных работ, по участковым и капитальным выработкам, оборудованным рельсовыми путями, перевозку вспомогательных грузов и людей производят локомотивной откаткой, а при наличии рельсовых путей на бремсбергах и уклонах — одноконцевой канатной откаткой. В участковых выработках с завышенным или тяжелым профилем рельсовых путей, по которым затруднена или невозможна локомотивная откатка и откатка концевым канатом, используют специальные канатные напочвенные дороги.

Для доставки вспомогательных грузов и перевозки людей по участковым и магистральным выработкам, а также по проводимым выработкам с углами наклона до  $15\text{--}25^\circ$  и значительными искривлениями по горизонтали и вертикали используют подвесные канатные дороги.

Монорельсовые грузолюдские подвесные дороги с канатной тягой применяют в основном в угольных шахтах, в участковых безрельсовых и при проведении в конвейеризированных выработках с углами наклона до  $18^\circ$ , искривленными в горизонтальных и верти-

---

Рис. 17.1. Схема транспорта вспомогательных грузов:

1 — лебедка; 2 — универсальные тележки; 3 — платформа; 4 — контейнер с арочной крепью; 5 — контейнер с затяжкой; 6 — пакет с рельсами; 7 — пакет с трубами; 8 — монорельсовая дорога

кальных плоскостях, а с локомотивной тягой — с углами наклона до 30—35°.

Выбор вида вспомогательного транспорта для конкретных горно-геологических и горнотехнических условий проведения горных выработок обосновывается технико-экономическим расчетом, исходными данными для которого являются число подготовительных выработок, их протяженность и темпы продвижения, величина грузопотоков, номенклатура и параметры доставляемых грузов и другие факторы.

Основное направление развития вспомогательного шахтного транспорта — комплексная механизация транспортных, погрузочно-разгрузочных и складских работ на основе системы пакетно-контейнерной доставки грузов от поставщика до рабочего места в шахте. Такая система, получившая название ПАКОД, внедряется при строительстве отечественных угольных шахт и позволит резко снизить трудоемкость проходческих работ и значительно улучшить технико-экономические показатели.

## **17.2. Пакетно-контейнерная доставка вспомогательных грузов**

Система пакетно-контейнерной доставки грузов ПАКОД — это совокупность технических средств, обеспечивающих формирование материалов и изделий в грузовые единицы (пакеты, поддоны и контейнеры), приспособленные для механизированных способов погрузки, разгрузки и складирования, а также перевозки различными видами транспорта без переупаковки по всему пути их перемещения. Параметры и вид грузовых единиц зависят от габаритов подвижного состава и размеров поперечных сечений горных выработок. При этом размеры и массу грузовых единиц устанавливают исходя из условий обеспечения максимального использования транспортных и грузоподъемных средств.

Для доставки различных грузов в подготовительный забой рельсовым, безрельсовым и подвесным транспортом разработаны конструкции контейнеров, поддонов, пакетирующих кассет и строп-пакетов.

Контейнеры предназначены для доставки штучных, наливных и насыпных грузов и обеспечивают их сохранность от нарушения и потерь в процессе транспортирования с поверхности до рабочих мест. Наибольшее распространение на угольных шахтах получили контейнеры параметрического ряда конструкции НПО «Углемеханизация» грузоподъемностью от 2 до 5 т.

Контейнер яичного типа (рис. 17.2, а) 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 (рис. 17.2, в), на раме которых креплены жестко или шарнирно торцевые стенки, обеспечивая удержание грузов от продольных смещений.

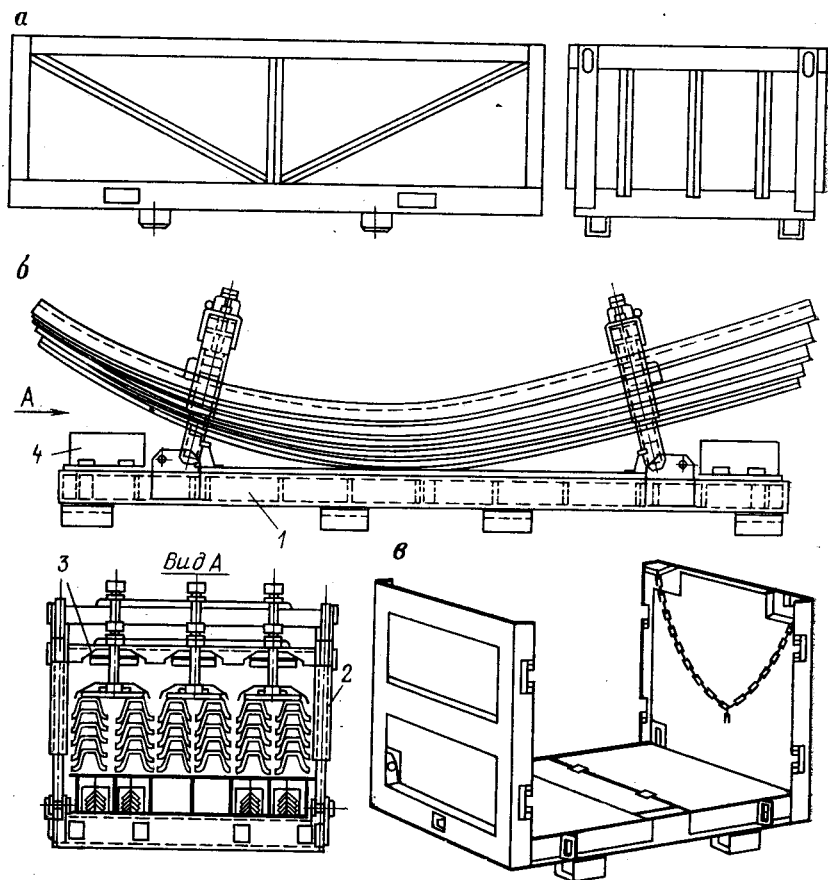


Рис. 17.2. Контейнеры:

а — ящичного типа; б — для металлической крепи; в — с торцевыми стенками

Контейнер, предназначенный для металлокрепи (рис. 17.2, б) представляет собой раму 1, на которой шарнирно закреплены телескопические стойки 2 с прижимными винтами 3. На торцах рамы имеются карманы 4, в которых хранятся при транспортировании крепежные элементы крепи. Контейнеры такой конструкции обеспечивают комплексную доставку арочной металлической крепи любого профиля.

Для некоторых грузов, которые невыгодно или невозможно доставлять в контейнерах, применяют плоские деревянные или специальные поддоны (рис. 17.3, а), предназначенные для доставки от завода до рабочего места шпал, лотков, плит перекрытий для водоотводных канав и других грузов. Поддон состоит из днища 1, закрепленного на раме 2, в нижней части которой приварены кронштейны 4, служащие для фиксации поддона на плат-

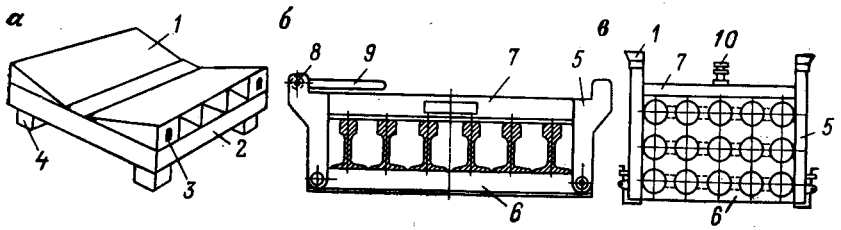


Рис. 17.3. Поддон (а) и пакетирующие кассеты для рельсов (б) и труб (в)

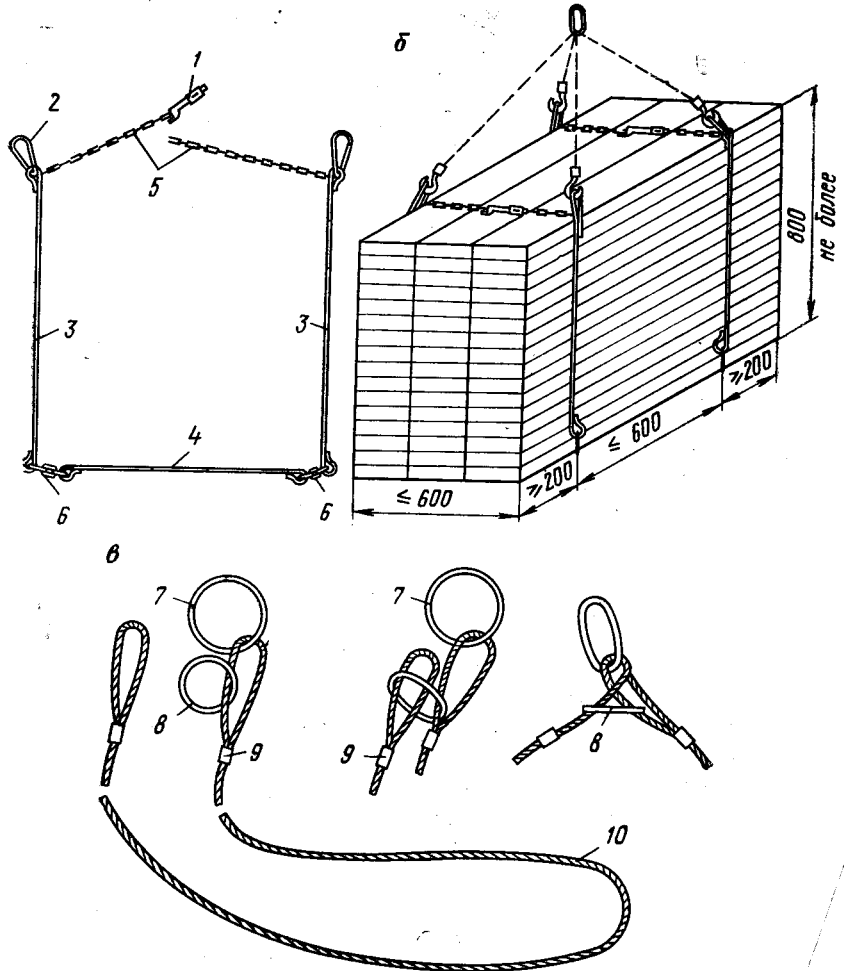


Рис. 17.4. Пакетирующие стропы многооборотные:

а — общий вид стропы; б — схема строповки пакета затяжек; в — строп для лесов; 1 — замок; 2 — строповочная петля; 3 — вертикальная тяга; 4 — горизонтальная; 5 — замыкающие ветви; 6 — гибкие вставки; 7 — кольцо грузовое; 8 — кольное; 9 — гильза; 10 — канат

форме. Крюки стропов при подъеме поддона вставляют в овальные отверстия 3.

Пакетирующие кассеты для рельсов (рис. 17.3, б) и труб (рис. 17.3, в) состоят из вертикальных стоек 5, несущих балок 6 и прижимных балок 7. Рельсы между балками зажимаются запорным кулаком 8, съемной рукояткой 9, а трубы — зажимным винтом 10.

Для скрепления в пакет железобетонных затяжек используют многооборотные строп-пакеты (рис. 17.4, а и б). 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 (рис. 17.4, в) с диаметром каната до 15,5 мм. Масса поднимаемого груза — до 3,75 т.

Практика внедрения контейнерной доставки грузов в подготовительные выработки показала, что контейнеры как укрупненные грузовые единицы обладают значительной собственной массой и, кроме того, на их возврат из шахты требуются большие затраты. Поэтому в перспективе в практике строительства шахт более широкое распространение получит пакетирование грузов с помощью стропов, выполненных из стальных лент или из различных синтетических материалов, что упрощает организацию транспортных работ, так как упаковочный материал не возвращают на поверхность. При этом значительно снижаются коэффициент тары и капитальные затраты.

### **17.3. Напochвенные рельсовые и безрельсовые средства вспомогательного транспорта**

Наибольшее распространение при строительстве угольных и рудных шахт, тоннелей различного назначения получил *рельсовый транспорт с локомотивной тягой*. Для перевозки вспомогательных грузов используют как обычные грузовые вагонетки, так и различные платформы, специальные вагонетки и тележки, предназначенные для транспортирования балластного материала, верхняков арочной крепи, длинномерных изделий (рельсов, труб), кабелей и канатов, конвейерных лент, смазочных масел и эмульсий, противопожарных средств, проходческих комбайнов и другого оборудования.

Для перевозки шахтных контейнеров разработаны унифицированные платформы типа П6 и П4,5 соответственно грузоподъемностью 6 и 4,5 т (базовые вагонетки ВГ-3,3 и ВГ-2,5 на колею 900 мм) и платформы типа П3, П2,5 и П4 соответственно грузоподъемностью 3, 2,5 и 4 т (базовые вагонетки ВГ-1,6 и ВГ-1,4 на колею 600 мм и ВГ-2,5 на колею 900 мм).

На рис. 17.5 показана унифицированная платформа типа П. Основными ее сборочными единицами являются ходовая тележка 1, на которой закреплена плита 2, механизм 3 фиксации контейнеров, ограничительные стойки 4 и торцевые стенки 5. На платформе в зависимости от ее грузоподъемности могут быть установ-

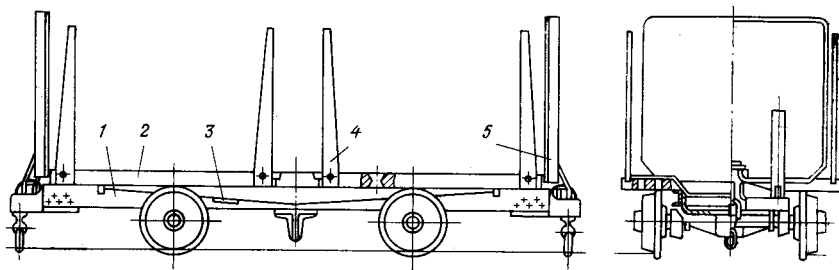


Рис. 17.5. Унифицированная платформа типа П

лены один или два контейнера. На платформе можно транспортировать пакеты или штучные грузы, ограниченные по длине торцовыми стенками.

Институтом ВНИИОМШС для бесперегрузочной доставки железобетонных изделий от завода до мест потребления созданы открытые платформы типа ПКЖ-900 (на базе вагонетки ВГ-2,5), на которых транспортируют контейнеры с железобетонными шпалами, тьюбингами, затяжками (рис. 17.6). Контейнер (один или два) крепится к платформе эксцентриковыми фиксаторами. В зависимости от вида перевозимых изделий на платформе устанавливают один или два контейнера.

В шахтном строительстве широко применяют специальные вагонетки для доставки леса, взрывчатых веществ, балластировки рельсового пути и платформы для доставки кабеля, каната и конвейерной ленты, проходческих комбайнов.

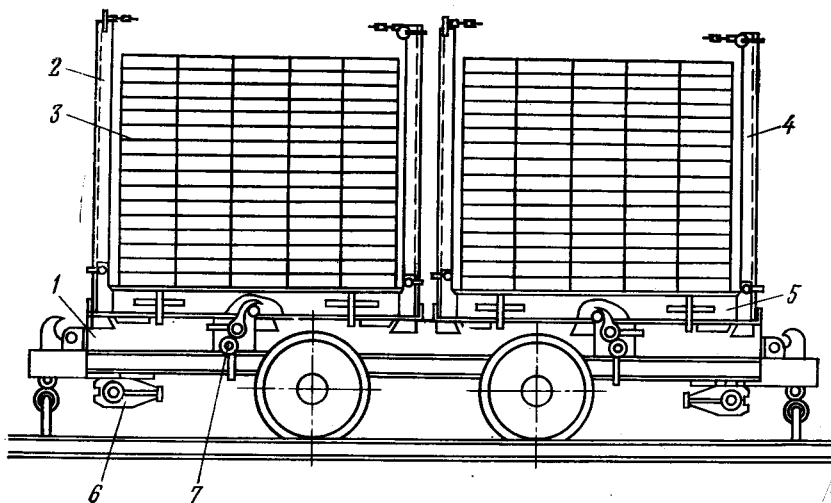
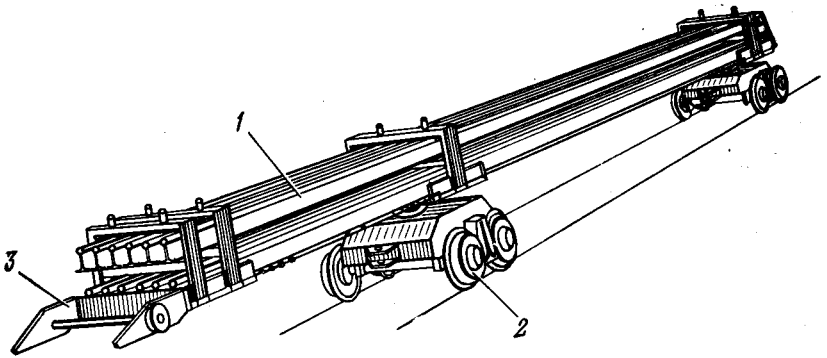


Рис. 17.6. Платформа для доставки железобетонных затяжек:

1 — платформа; 2 — контейнер; 3 — затяжка; 4 — откидной борт; 5 — рама конт-  
6 — откидные опоры; 7 — крюки для фиксации контейнера



**Рис. 17.7.** Контейнер с рельсами КПК-1

Для транспортирования бетонных и цементных смесей используют специальные вагонетки с наклонными днищами, обеспечивающими управляемую саморазгрузку смеси. Для перевозки сухого цемента применяют вагонетки с герметически закрывающимся кузовом.

Для бесперегрузочной доставки с базы, спуска по стволу и транспортирования по выработкам рельсов и труб длиной до 8 м применяют различные устройства, например КПК-1 (рис. 17.7). На перевалочной базе с помощью двух кассет 1 формируют пакет из рельсов или труб массой до 3,5 т и доставляют его на шахту автомашиной. На шахте пакет 1 закрепляют на двух поворотных тележках 2. На пакете закрепляют роликовую подвеску 3, которую перед спуском по стволу вводят в направляющие несущей подвески клетки. Затем пакет вместе с тележками поднимают в копер (см. рис. 17.1), при этом одна из тележек перемещается по рельсам. При переподъеме клетки пакет удерживается от колебаний канатом дополнительной лебедки. Спуск клетки с пакетом осуществляют со скоростью не более 4 м/с. В околоствольной выработке пакет вместе с тележками втягивают лебедкой в сопряжение ствола с околоствольным двором. При медленном опускании клетки кассету с помощью лебедки устанавливают тележками на рельсовый путь, по которым пакет доставляется локомотивом к месту производства работ.

Для перевозки людей по горизонтальным и наклонным выработкам применяют специальные вагонетки, у которых кузов с торцовыми стенками и металлической крышей опирается на рессорную подвеску и оборудован эластичными буферами и сцепкой с 13-кратным запасом прочности.

По горизонтальным выработкам людей перевозят локомотивным транспортом в вагонетках ВПГ-12 (на колею 600 мм) с шестью двухместными сиденьями и ВПГ-18 (на колею 900 мм) с шестью трехместными сиденьями. Вагонетки оборудованы колодочными тормозами ручного управления, обеспечивающими экстренную остановку на максимальном уклоне рельсового пути на

длине до 20 м. Для защиты от поражения током в случае обрыва контактного провода кузов вагонетки через раму и полускаты заземлен на рельсы.

Для перевозки людей по наклонным выработкам с углами наклона от 6 до 80° применяют специальные вагонетки типа ВЛ. В выработках с углами наклона 40—80° используют вагонетки ВЛНЗЗ-6; 6—30° — ВЛН1-10 или ВЛН1-15; 30—50° — ВЛ50/10 или ВЛ50/15. Последние цифры в обозначении вагонеток указывают число посадочных мест.

В каждом типоразмере вагонеток предусматривают прицепные вагонетки и головную, которая прицепляется к каналу одноконцевой канатной откатки. Лебедки пассажирских канатных откаток оборудуют дополнительным предохранительным тормозом и другими средствами безопасности согласно ПБ.

Пассажирские вагонетки для наклонных выработок в отличие от вагонеток для горизонтальных выработок оборудованы наклонно установленными сиденьями и снабжены специальными парашютными устройствами для улавливания и последующего плавного торможения в случае обрыва тягового каната или сцепки или превышения допустимой скорости движения на 20%. Парашютное устройство, включаемое автоматически или вручную, состоит из свободно подвешенной к раме вагонетки тормозной каретки, деревянных брусьев-амортизаторов и механизма управления. В вагонетках, предназначенных для выработок с углами наклона до 30°, тормозная каретка снабжена ловителями с упорами, внедряющимися в верхнее строение пути, а в вагонетках для выработок с углами наклона свыше 30° — захватами, сжимающими головки рельсов. При срабатывании парашютного устройства ловители улавливают опоры и, благодаря свободно подвешенной подпружиненной каретке, вагонетка продолжает движение. При этом деревянные брусья-амортизаторы набегают на резцы и вагонетка гасит скорость и плавно останавливается. В последующих конструкциях вагонеток типа ВЛН-1 в парашютных устройствах вместо амортизаторов резания использованы канатные амортизаторы, принцип действия которых основан на протягивании тормозного каната между роликами.

Согласно ПБ, скорость движения шахтных вагонеток для перевозки людей не должна превышать 5 м/с.

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 типа ДКН.

Дорога типа ДКН-1 (рис. 17.8) включает в себя: грузовые и людские вагонетки 9 и буксировочную вагонетку 7, перемещаемую по рельсовым путям по челноковой схеме замкнутым тяговым натом 4; приводную станцию 10 для каната, снабженную многохватным параболическим шкивом трения и ленточным и кол-



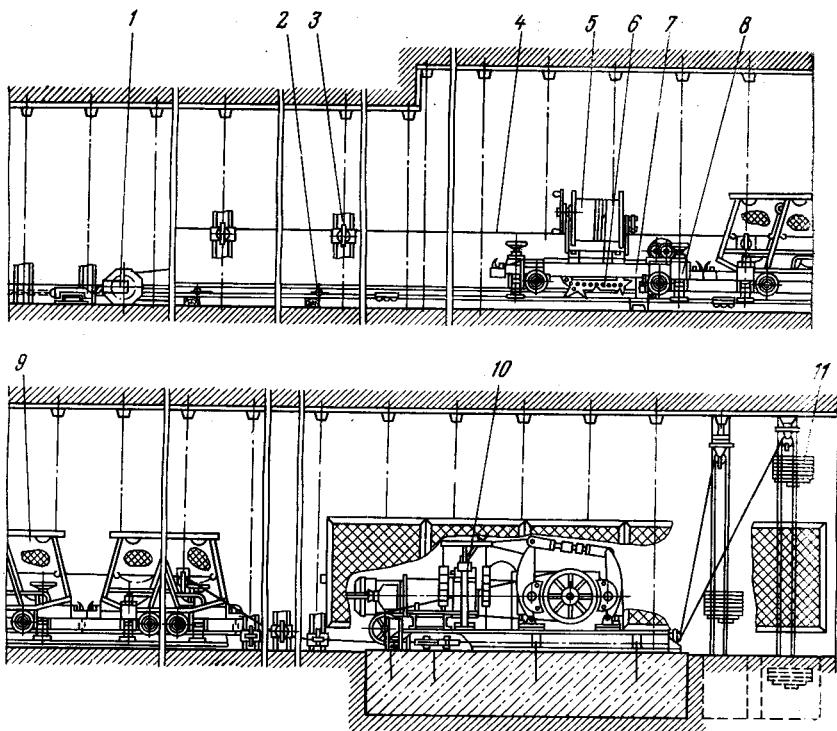


Рис. 17.8. Напochвенная канатная дорога типа ДКН-1

ным тормозами; грузовое натяжное устройство 11 для тягового каната, установленное у приводной станции.

Приводную станцию монтируют на фундаменте в уширенной части выработки, а концевой блок 1 для каната закрепляют в призобойной зоне проводимой выработки. Ветви замкнутого тягового каната 4 по трассе дороги поддерживаются роликами 2 и 3.

На буксировочной вагонетке 7 установлены: барабан 5 с запасом тягового каната для удлинения дороги при проведении горных выработок; улавливающая система 6, срабатывающая при обрыве тягового каната или превышении допустимой скорости движения; стабилизирующие катки 8, охватывающие головки рельсов с обеих сторон и поднимаемые при прохождении над стрелочными переводами. Тяговое усилие от каната на буксировочную вагонетку передается через приводной рычаг, обеспечивающий также укладку каната на поддерживающие ролики.

Наибольшая длина транспортирования дорогой ДКН-1 составляет 2000 м, угол наклона выработки  $\pm 6^\circ$ , регулируемая скорость движения — до 2 м/с, мощность привода — 75 кВт.

Более совершенная конструкция напochвенной канатной дороги ДКН-2 обеспечивает транспортирование грузов и людей в выработках с углами наклона  $\pm 20^\circ$ .

Фирмы «Шарф» и «Бекорит» (ФРГ) выпускают напочвенные дороги с канатной и локомотивной тягой. Дизельный локомотив с гидромеханической трансмиссией и специальными прижимными и рельсовыми направляющими катками обеспечивает преодоление подъемов до 30° и скорость движения до 3 м/с. Зарубежные напочвенные дороги с канатной тягой позволяют преодолевать углы наклона до 20° при скорости транспортирования до 4 м/с. Максимальная длина транспортирования — до 3000 м.

Для доставки в подготовительный забой вспомогательных грузов применяют различные *волокуши*, перемещаемые лебедками по направляющим, уложенным на почву выработки.

Устройство для доставки людей и грузов (типа УДЛГ) представляет собой транспортный лоток, выполненный из отрезка конвейерной ленты, который по концам сужается, образуя форму лодки. Лоток, расположенный на трех отрезках круглозвенной цепи, перемещают по челноковой схеме двумя лебедками по решетчатому ставу от конвейера С53. Грузоподъемность устройства — 1 т, длина доставки по горизонтали — до 600 м.

Другая разновидность данного устройства — доставочное средство для транспортирования грузов (типа СТГ) по наклонным выработкам под углами до 30°. Грузовая платформа-волокуша грузоподъемностью до 4 т перемещается по челноковой схеме лебедками по напольным рельсовым направляющим на расстояние до 200 м.

*Безрельсовые средства вспомогательного транспорта* на пневмошинном механизме перемещения широко применяют при строительстве, эксплуатации и реконструкции рудных шахт, не опасных по газу или пыли. Практика использования таких средств при проведении подготовительных выработок показала, что применение их позволяет облегчить выполнение большого количества трудоемких операций и повысить производительность труда проходчиков.

Известные конструкции вспомогательных самоходных транспортных машин по конструктивному исполнению и назначению можно разделить на четыре группы:

промышленные автомобили, тягачи и тракторы, оборудованные системами очистки отработавших газов и приспособленные для работы в подземных условиях шахт, не опасных по газу или пыли;

специализированные машины, приспособленные для перевозки одного типа грузов;

комбинированные машины, оборудованные механизмами для выполнения такелажных, транспортных и других работ;

дорожно-строительные машины.

К первой группе относят оборудование, модернизированное базе автомобилей и тракторов силами ремонтных мастерских рудных шахт; ко второй — специализированные машины для перевозки людей к местам работы, длинномерных материалов (или рельсов), бетонной смеси, горюче-смазочных материал

третьей — машины для погрузочно-разгрузочных и транспортных работ, оборудованные кранами, грузовыми платформами, тяговыми лебедками и др.; к четвертой — легкие бульдозеры, грейдеры и другое оборудование, используемое при строительстве подземных дорог.

Воронежский завод горно-обогатительного оборудования ВЗГОО на базе самоходного шасси ВОМ-01 выпускает отдельные виды специализированных самоходных машин, относящихся к первой и второй группам.

Самоходное шасси состоит из тягача и полуприцепа, соединенных между собой двойным шарниром, обеспечивающим смещение тягача и полуприцепа в горизонтальной плоскости под углом  $120^\circ$  (с минимальным радиусом поворота по внутреннему габариту 2,5 м, по внешнему — 4,5 м) и в вертикальной плоскости под углом  $15^\circ$ .

Тягач с дизельным приводом мощностью 55 кВт оборудован системой двойной (каталитической и жидкостной) очистки выхлопных газов. Гидромеханическая коробка передач обеспечивает четыре скорости вперед и две скорости назад. Максимальная скорость передвижения вперед — 20 км/ч, назад — 14 км/ч, преодолеваемый уклон с грузом —  $15^\circ$ . Тягач оборудован рабочим ко-

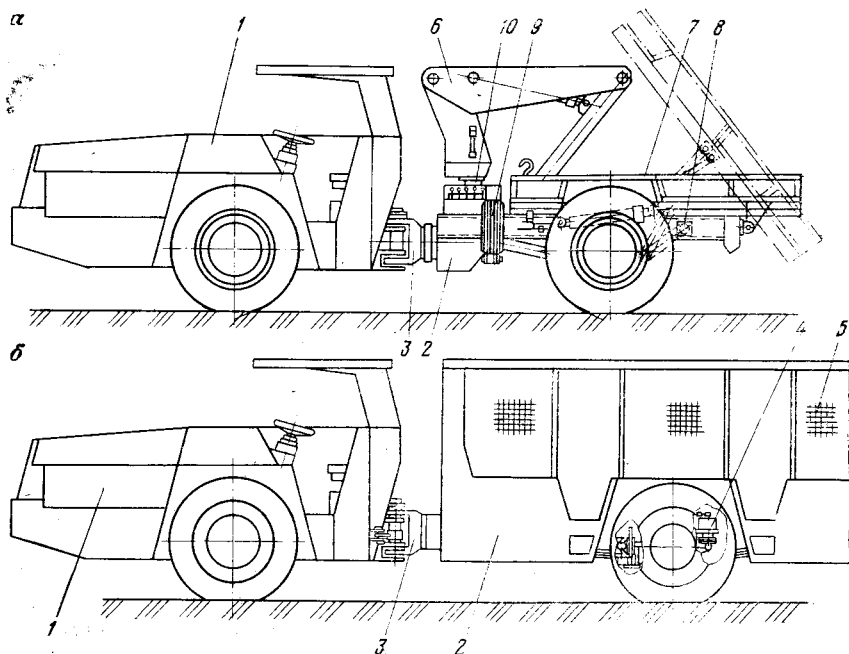


Рис. 17.9. Оборудование самоходного унифицированного шасси:

1 — тягач; 2 — полуприцеп; 3 — двойной шарнир; 4 — тормозная система; 5 — кузов пассажирский; 6 — кран гидравлический; 7 — платформа грузовая; 8 — устройство для опрокидывания платформы; 9 — опоры (в поднятом положении); 10 — пульт управления

лодочным тормозом с гидроприводом и стояночным тормозом. Рулевое колесо заблокировано с силовыми гидроцилиндрами смещения в плане тягача и полуприцепа. Отбор мощности на полуприцеп производится от насосных агрегатов, установленных на тягаче и питающих привод различного съемного оборудования.

На полуприцепе устанавливают следующее оборудование: грузовую опрокидную платформу и гидравлический кран (рис. 17.9, а); кузов для перевозки людей (рис. 17.9, б); цистерну для доставки дизельного топлива и заправки машин; установки для транспортировки и укладки труб, монтажа и демонтажа кабельной сети, оборки кровли и др.

Машина для доставки материалов и оборудования типа 1ВОМА (рис. 17.9, а) оборудована поворотным краном, служащим для погрузки оборудования на машину или рядом стоящий транспорт, а также для монтажных работ. Грузоподъемность крана 1 т, наибольшая высота подъема груза 5,5 м. Грузовая платформа самосвального типа оборудована тремя откидными бортами. Грузоподъемность платформы 4 т, размеры машины 7400×1900×2250 мм, масса с полной заправкой 9,8 т.

Машина типа 1ВЛГА (рис. 17.9, б) предназначена для перевозки 25 человек, габариты машины 8300×2000×2400 мм.

Для угольных шахт, опасных по газу или пыли, разработаны вагон грузопассажирской типа ВГЛ-3,0 для перевозки 10 человек и 3 т груза и тележка грузопассажирская типа ТГЛ-1,0 для перевозки 2 человек и 0,5 т груза. Вагонетка типа ВГЛ-3,0 имеет дизельный привод мощностью 55 кВт и снабжена прицепной платформой грузоподъемностью 8 т. При перевозке людей на вагоне устанавливают съемную защитную крышу, а при перевозке грузов сиденья убирают в специальные ниши. Вагонетка оборудована гидромеханической трансмиссией на все колеса и двумя кабинами управления, что обеспечивает возможность ее работы по челноковой схеме. Максимальная скорость движения с грузом по горизонтали — 18 км/ч, на подъем 15° — 3 км/ч.

За рубежом вспомогательное самоходное оборудование выпускают фирмы: «ГХХ Штеркраде» и «Юнимонг Олеманн» (ФРГ), «Нормет» (Финляндия), «Венфорт» и «Ханслет» (Великобритания), «Вагнер», «Джой» и «Эймко» (США) и др. Основное направление развития вспомогательного самоходного транспорта за рубежом — создание комбинированных машин, которые можно применять для перевозки людей и различных грузов. При навеске соответствующего оборудования они могут быть использованы в качестве бульдозера, крана, вилочного погрузчика и т. д.

Фирма «Нормет» разработала универсальное самоходное шасси, предназначенное для обслуживания по так называемой каскадной системе, которая включает набор различного оборудования (цистерна для ГСМ, платформа для осмотра кровли и пневмоторжания, платформа для производства анкерного крепления, брызгбетонирования и др.), смонтированного на отдельных казах с четырьмя выдвигающимися опорами. При смене оборуд

ния самоходное шасси въезжает между опорами каркаса кассеты, гидropодъемником поднимает кассету и опускает ее на раму шасси, после чего кассету закрепляют и соединяют питающие гидравлические шланги исполнительных органов навесного оборудования.

Использование комбинированных машин с разнообразным сменным оборудованием позволяет сократить количество самоходных машин вспомогательного транспорта при увеличении выполняемого количества операций и повысить производительность труда.

#### 17.4. Подвесные средства вспомогательного транспорта

*Монорельсовые дороги с канатной и локомотивной тягой*  
В угольных шахтах по участковым безрельсовым и конвейеризированным выработкам, а также в проводимых подготовительных выработках с дующей почвой и имеющих искривления в горизонтальной и вертикальной плоскостях, целесообразно применять монорельсовые дороги с канатной тягой. По сравнению с наземным рельсовым транспортом монорельсовые дороги, обеспечивающие транспортирование грузов и людей, обладают такими преимуществами, как исключение строгой профилировки горных выработок и значительное упрощение их узлов пересечения, а также обеспечение механизации разгрузочных работ в пунктах доставки грузов грузоподъемными средствами, имеющимися на тележках монорельсовой дороги. На стыках напольного рельсового пути и подвесной монорельсовой дороги не требуется выполнения сложных сопряжений и камер большого сечения. Обычно на длине 10—20 м расширяют горную выработку до площади сечения около 12 м<sup>2</sup>, чтобы разместить приводную станцию монорельсовой дороги и обеспечить механизированную перегрузку оборудования или контейнеров с рельсового транспорта на монорельсовый ручными талями, расположенными на грузовых тележках монорельсовой дороги.

На отечественных угольных шахтах применяют монорельсовые дороги с канатной тягой типа ДМК (рис. 17.10). В дорогах этого типа в качестве монорельса 13 используют двутавровые балки № 16, отрезки которого длиной до 3 м соединены между собою шарнирно с допускаемым взаимным отклонением  $\pm(4\div 5)^\circ$  в горизонтальной и вертикальной плоскостях и с помощью несущих балок 8 подвешены на отрезках цепи к кровле выработки.

С помощью замкнутого тягового каната 12, снабженного приводом 16 со шкивом трения, по монорельсу 13 перемещается приводная тележка 4, соединенная тягами с тележками пассажирских 6 и грузовых 10 вагонеток. Для спуска и подъема грузов на тележках грузовых вагонеток 10 установлены ручные тали 9.

Тяговый канат по длине выработки поддерживается и направляется специальными устройствами 11 и 14, устанавливаемыми через 20—25 м на прямолинейных и несколько чаще на криволинейных участках выработки. Натяжное грузовое устройство 15 для

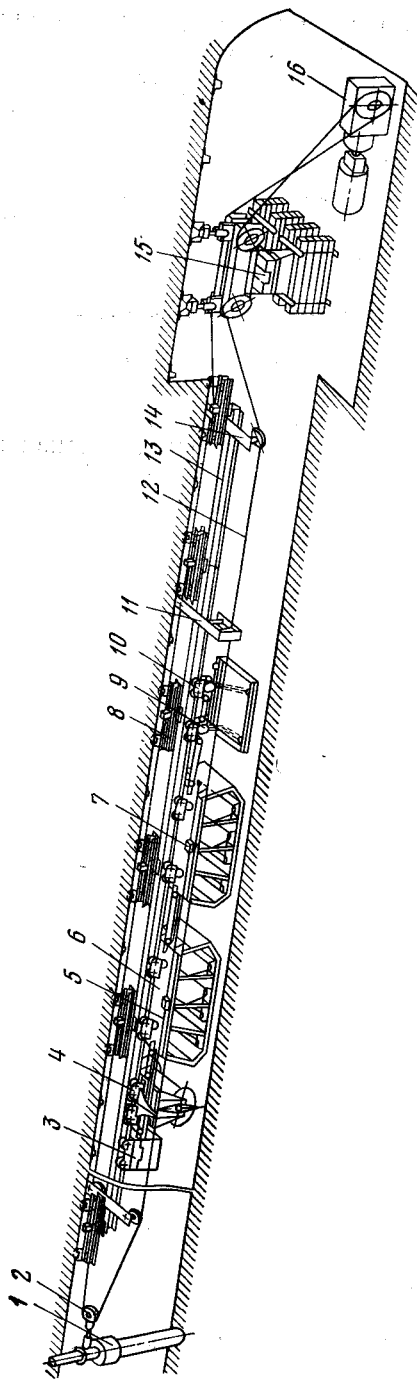


Рис. 17.10. Монорельсовая дорога с канатной тягой типа ДМК

тягового каната установлено непосредственно у приводной станции 16.

На приводной тележке 4 смонтированы барабан с запасом тягового каната и стабилизирующие катки, перекатывающиеся по вертикальной стенке двутавра.

Приводная станция 16 оборудована рабочим ленточным и предохранительным колодочным тормозами. Для аварийной остановки дороги предусмотрена специальная тормозная система, состоящая из тормозной тележки 3, амортизационного каната 5 и канатно-винтовых амортизаторов 7, установленных на пассажирских вагонетках. Тормозная система срабатывает автоматически при обрыве тягового каната или при превышении допустимой скорости движения на 25% или вручную с помощью каната управления тормозной системой, протянутого через весь состав от тормозной тележки 3.

Удлинение дороги при проведении выработок производят путем навески дополнительных отрезков монорельса, поддерживающих в направляющих устройствах 11 и 14 для тягового каната, размотки запаса тягового каната с барабана приводной тележки 5 и переноса в призабойную зону стойки 1 с концевым блоком 2.

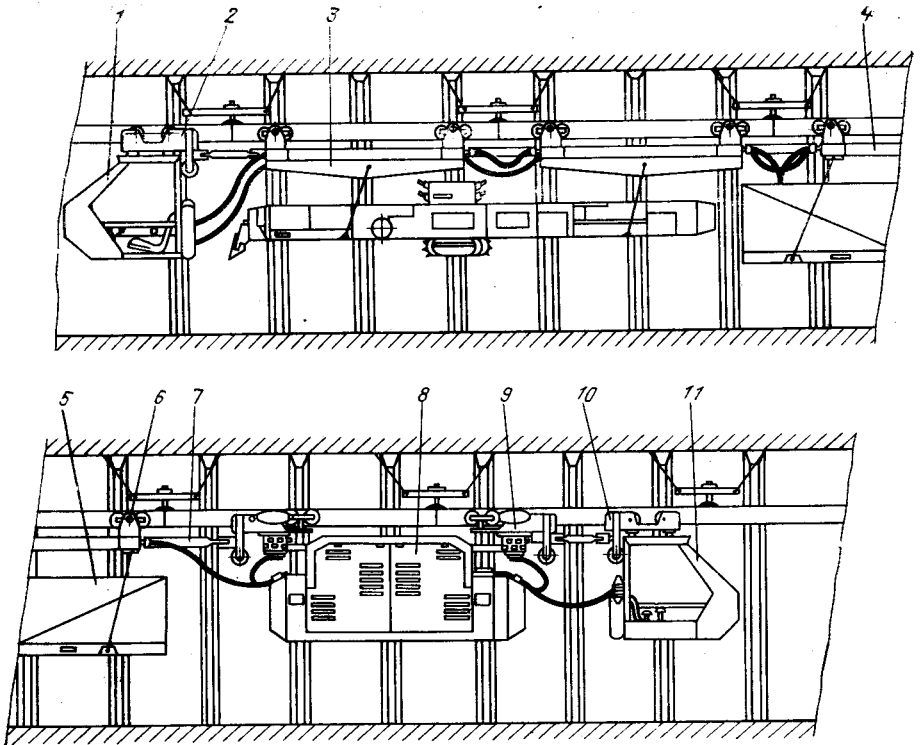
Управление дорогой производится вручную машинистом приводной станции или дистанционно из людской вагонетки.

Широкое распространение на отечественных угольных шахтах получили монорельсовые дороги типа 4ДМК и 6ДМКУ грузоподъемностью соответственно 4 и 6 т и с длиной транспортирования 1200 и 2600 м. Скорость движения 0,25—1,85 м/с, диаметр тягового каната 15 мм, мощность привода 45 кВт. Подвижной состав дороги 6ДМКУ состоит из приводной тележки, пассажирских вагонов и грузовых тележек и может изготавливаться в двух вариантах: шириною 734 и 1034 мм с числом посадочных мест в пассажирских вагонетках соответственно на 4 и 8 человек, числом грузовых тележек в составе соответственно 2 и 4, максимальным углом наклона пути 18°. Дорога может применяться в выработках сечением в свету от 8 м<sup>2</sup>.

Разработаны монорельсовые дороги с канатной тягой типа ДМКМ и ДМКУ для углов наклона соответственно 35 и  $\pm 25^\circ$  с грузоподъемностью тележки 6,4 т, скоростью движения 0,3—2,1 м/с, мощностью привода 90 кВт и дальностью транспортирования до 3000 м.

За рубежом широкое распространение получили монорельсовые дороги с канатной тягой фирмы «Бекорит» и «Шарф» (ФРГ). Максимальная длина дороги — до 3000 м, угол наклона — до 45°, минимальный радиус закругления монорельсового пути — 4 м. Скорость движения регулируется в пределах от 0 до 2 м/с. Грузоподъемность одной вагонетки — 3 т.

Недостаток монорельсовых дорог с канатной тягой — невозможность работы без промежуточной разгрузки при разветвленной сети горных выработок. В таких условиях наиболее целесо-



**Рис. 17.11.** Монорельсовая дорога типа 2ДМД с локомотивной тягой:

1 и 11 — кабины управления; 2 и 10 — тормозные тележки; 3 и 7 — сцепки; 4 — подъемные траверсы тележек; 5 — грузовые контейнеры; 6 — тележки; 8 — силовая секция дизелевоза; 9 — тяговый блок

образно использование монорельсовых дорог с локомотивной тягой.

Преимуществами монорельсовых дорог с локомотивной тягой являются их автономность при доставке вспомогательных грузов, оборудования и людей в разветвленных выработках неограниченной длины под большими углами наклона, малые габариты и небольшая жесткая база, позволяющая работать в выработках с относительно небольшим поперечным сечением и малыми радиусами закруглений.

Отечественной промышленностью выпускается монорельсовая дорога 2ДМД (рис. 17.11), предназначенная для доставки различных материалов, оборудования и перевозки людей по горизонтальным и наклонным выработкам с углами наклона до 8—12°. Дорога состоит из монорельсового пути, дизелевоза, подвижного става — тележек, к которым подвешиваются грузовые контейнеры или пассажирские вагонетки на 8 человек.

Монорельсовый путь выполнен из двухтавровых балок и состоит из отрезков длиной 4—6 м, подвешенных к кровле цепными



весками регулируемой длины. Минимальный радиус закруглений монорельса в горизонтальной плоскости — 4,5 м, в вертикальной — 10 м. На ответвлениях пути и разминовках устанавливают симметричные стрелочные переводы с дистанционным и ручным управлением.

Дизелевоз состоит из ходовых тележек, силового агрегата с гидрообъемной трансмиссией замкнутого типа (маслонасос — гидродвигатель) на ведущие колеса и тягового блока, две пары ведущих колес которого гидроцилиндрами прижимаются к вертикальной стенке монорельса с усилием, прямо пропорциональным реализуемой силе тяги. Мощность дизеля составляет 23,5 кВт.

Рабочее торможение дизелевоза производится гидродвигателями, а для экстренной остановки и затормаживания на стоянках предусмотрены специальные пружинно-гидравлические тормоза колодочного типа, зажимающие с двух сторон под действием пружин вертикальную полку монорельса.

Очистка отработавших газов дизелевоза обеспечивается установкой выхлопного коллектора с каталитическим нейтрализатором и устройством для промывки отработавших газов водяным душем.

Дизелевоз с грузовыми и пассажирскими вагонетками и вагонетки между собой соединены шарнирными тягами-сцепками. Тележки грузовых вагонеток для обеспечения погрузочно-разгрузочных работ оборудованы лебедками с гидравлическим приводом. Грузоподъемность тележки — 3 т.

На зарубежных угольных шахтах широкое распространение получили монорельсовые дороги с локомотивной тягой фирмы «Шарф» (ФРГ) с мощностью дизеля 65 кВт, максимальной скоростью перемещения до 3 м/с, углом подъема до 30°, грузоподъемностью тележек до 12 т. Начато применение монорельсовых аккумуляторных локомотивов мощностью 21 кВт, обеспечивающих скорость перемещения поезда до 2 м/с.

*Канатные подвесные дороги.* Для перемещения вспомогательных грузов и людей по подземным выработкам применяют одноканатные дороги с одним тягово-несущим канатом, к которому закреплены кресла-сиденья для пассажиров или грузовые подвески; двухканатные — с несущим канатом, по которому перемещаются грузовые тележки с помощью тягового каната. По назначению канатные дороги разделяют на пассажирские, грузовые и грузопассажирские.

Наиболее простой конструкцией является одноканатная пассажирская кресельная дорога с кольцевым движением. Подвески, на которых смонтированы кресла, через определенный шаг жестко закреплены на тягово-несущем канате, поддерживаемом роликами по длине выработки. Подвески вместе с канатом огибают горизонтально или наклонно установленные приводной и натяжной шкивы. Посадку и высадку пассажиров производят без остановки дороги на специальных посадочных площадках.

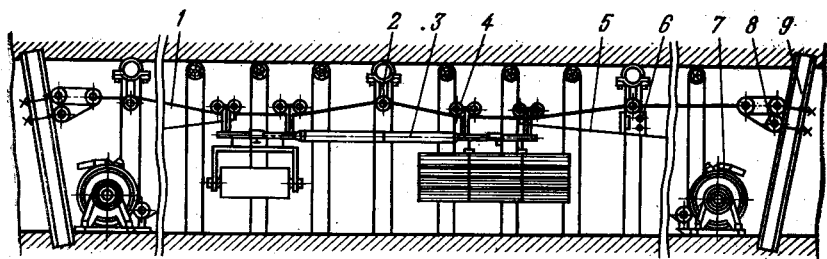


Рис. 17.12. Подвесная двухканатная дорога ДКП-2

Отечественные одноканатные пассажирские кресельные дороги обеспечивают длину транспортирования до 1200 м. Производительность их — до 280 чел/ч, скорость движения — 1,2 м/с, максимальный угол наклона — до  $25^\circ$ .

На грузолодских дорогах на тягово-несущий канат по мере надобности с помощью специальных съемных зажимов навешивают пассажирские кресла, двойные цепные подвески для доставки грузов массой до 300 кг и грузовые платформы грузоподъемностью до 400 кг, буксируемые на катках по почве выработки. Преимуществами грузолодской одноканатной дороги являются: универсальность по доставке разнообразных грузов и перевозке людей; использование пассажирских подвесок со съемными зажимами, что освобождает выработку для доставки грузов; возможность использования в пересекающихся выработках, что позволяет доставлять грузы без перегрузки с откаточного штрека до забоя. Дорога такой конструкции работает как по кольцевой схеме движения с применением пассажирских подвесок с глухими зажимами, так и по маятниковой схеме с использованием подвесок со съемными зажимами. Недостатками дороги являются ее ограниченная грузоподъемность и необходимость проведения специальной выработки.

Для доставки грузов большей массы применяют двухканатные подвесные дороги. На рис. 17.12 показана двухканатная дорога типа ДКП-2 с маятниковым движением, предназначенная для доставки материалов по подготовительным выработкам с углами наклона до  $15^\circ$ .

Дорога включает в себя несущий канат 1, который по длине выработки поддерживается смонтированными на крепи кронштейнами 2, и тяговый канат 5, поддерживаемый специальными устройствами 6, состоящими из четырех роликов, образующих замкнутую рамку для тягового каната и устанавливаемых через 20—25 м в зависимости от кривизны выработки. Несущий канат 1 натянут полиспаственными натяжными устройствами 8, которые закреплены при мягких вмещающих породах на распертах в кровлю и в выработках концевых балках 9 или при крепких вмещающих породах — на анкерах. Возможно жесткое закрепление одного

несущего каната и натяжение другого конца с помощью грузового или другого типа натяжных устройств.

Тяговый канат перемещается двумя лебедками 7, которые оборудованы канатоукладчиками винтового действия, обеспечивающими многослойную навивку каната на барабан. С помощью тягового каната 5 по несущему канату 1 перемещаются грузовые тележки 4, оборудованные ручными червячными лебедками для подъема и опускания транспортируемых грузов и соединенные между собой тягой 3.

На канатных подвесных дорогах, установленных в выработках с углами наклона до  $6^\circ$ , тележки оборудованы ловителями, а в выработках с углами наклона свыше  $6^\circ$  — парашютными устройствами.

Увеличение длины канатной дороги при проведении горных выработок производят установкой дополнительных кронштейнов 2 для несущего каната, поддерживающих устройств 6 для тягового каната и переносной концевой упорной балки 9 с натяжным устройством 8.

Канатная дорога типа ДКП-2 обеспечивает транспортирование любых грузов общей массой до 2000 кг на длину до 1000 м со скоростью 0,7 м/с. Диаметр несущего каната 17—20 мм, тягового каната 6—8 мм, максимальное натяжение несущего каната около 80 кН, мощность электропривода лебедки 13 кВт. Дорога применяется в выработках площадью сечения в свету 4—8 м<sup>2</sup>.

Преимуществами двухканатной дороги с маятниковым движением являются простота конструкции, монтажа и демонтажа, а также возможность изменения ее длины, что важно при применении дороги в подготовительном забое.

### **17.5. Механизация погрузочно-разгрузочных и монтажных работ**

При доставке вспомогательных грузов на поверхности и на стыке между различными средствами транспорта в шахте необходимо выполнять большой объем погрузочно-разгрузочных работ. Например, установлено, что на некоторых угольных шахтах на поверхности по пути следования вспомогательных грузов от поставщика до склада некоторые грузы перегружают до шести раз, а в шахте при транспортировании от ствола до подготовительного забоя — до восьми раз. При отсутствии механизмов для погрузочно-разгрузочных работ около 50% трудовых затрат на вспомогательном транспорте угольных шахт приходилось на ручные работы.

В настоящее время для выполнения погрузочно-разгрузочных операций созданы и внедрены стационарные, переносные и передвижные грузоподъемные механизмы, которые облегчают труд проходчиков и повышают темпы проведения горных выработок. На поверхности шахты для перегрузки вспомогательных грузов используют козловые краны, кран-балки и тельферы с набором грузозахватных устройств, автопогрузчики и другое оборудование.

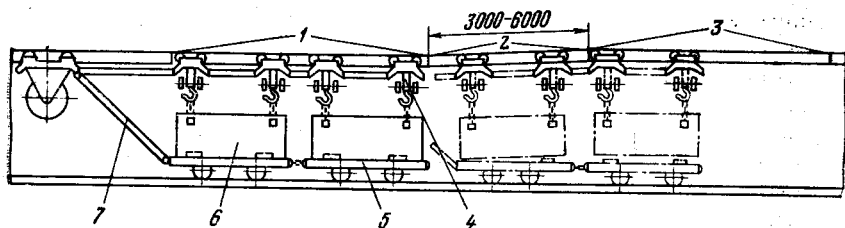


Рис. 17.13. Узел стыковки рельсового и монорельсового транспорта

В подземных условиях перегрузку осуществляют обычно с напочвенного рельсового транспорта на подвесной или на напочвенный безрельсовый транспорт и наоборот. В призабойной зоне подготовительных выработок пакеты и контейнеры с материалами разгружают и складировуют на расстоянии 20—50 м от места потребления, откуда по мере необходимости доставляют к месту потребления.

На отечественных угольных шахтах передачу грузов с рельсового транспорта на монорельсовый и наоборот обычно осуществляют с помощью разновысокого монорельса ручными таями, входящими в комплект монорельсовой дороги. В узле перегрузки монорельсовый путь подвешен соосно с наземным рельсовым и включает в себя три участка низкого 1, разновысокого 2 и высокого монорельса 3 (рис. 17.13). Высота подвески низкого монорельса 1 принимается таким образом, чтобы стропы монорельсовых тележек при поднятых крюках талей имели минимальный запас длины, необходимый для их закрепления и снятия. Высокий монорельс подвешивают на 200—300 мм выше участка низкого монорельса, чтобы при переходе на него тележек с грузами 6 выбрать запас длины стропов и обеспечить необходимый переподъем на 150—200 мм между нижней точкой груза и платформой.

При перегрузке рельсовые платформы электровозом, лебедкой или с помощью монорельсовой дороги, соединенной с рельсовыми платформами строповым канатом 7, подают под низкий монорельс, где установлены грузовые тележки монорельсовой дороги с поднятыми крюками талей 4. Затем контейнеры, предварительно захваченные крюками талей, отцепляют от платформ 5, после чего их перемещают под участок высокого монорельса, где контейнеры приподнимаются и отделяются от платформ. Установку контейнеров с монорельсовой дороги на рельсовые платформы производят в обратной последовательности.

Для механизации погрузочно-разгрузочных и монтажных работ в шахтных условиях широко применяют краны ручные стреловые тали ручные грузоподъемностью 0,25—12 т; тали гидравлического типа ТГ-3 грузоподъемностью 3 т, обеспечивающие, кроме того, доставку грузов по монорельсу в горизонтальных выработках

на расстояние до 50 м; тали для работы в наклонных выработках с углами до 18°.

В угольных шахтах используют различные передвижные подъемно-транспортные средства на колесно-рельсовом механизме перемещения:

кран К-1000, самоходный, полноповоротный с гидравлическим управлением и телескопической стрелой, снабженный навесным оборудованием (крюковой подвеской, ковшем для поддирки почвы, грейфером для уборки породы, головкой для укладки тюбингов и блоков, захватом для укладки труб). Привод крана пневматический или электрический во взрывобезопасном исполнении, грузоподъемность 1—1,5 т в зависимости от вылета стрелы;

кран КПК-04, входящий в состав путеукладочного комплекса КПП-900 грузоподъемностью 0,4—0,9 т;

машина «Штрек» с манипулятором, выполненным в виде двухзвенной складывающейся стрелы, снабженной погрузочным ковшем, грейфером, клещевым захватом, крюком и другим навесным оборудованием;

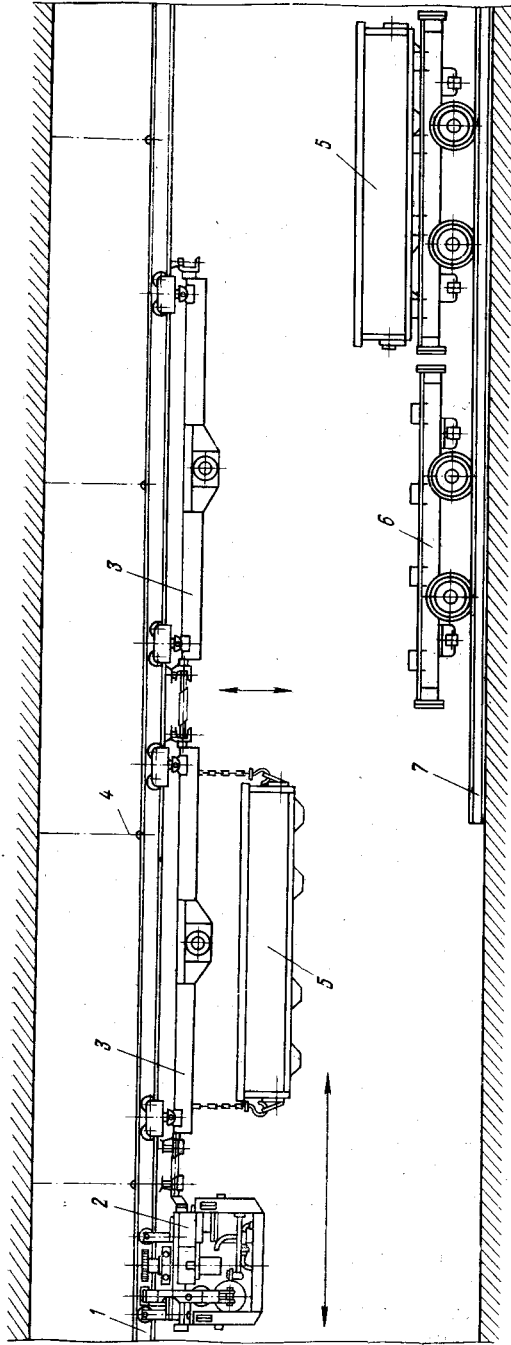
машина ПКУ-А (для рудных шахт), укомплектованная ковшами с установкой в положение прямой и обратной лопаты для проведения и очистки водоотводных канав, крюком, грейфером и вилочным захватом. Грузоподъемность на крюке 1 т;

агрегат монтажный шахтный АМШ на базе электровоза К10, оборудованный телескопической крановой стрелой, монтажной лебедкой и рельсодемонтажным устройством. Грузоподъемность в зависимости от вылета стрелы 2,5—6 т, тяговое усилие монтажной лебедки 40 кН.

В рудных шахтах широко используют самоходные машины, оборудованные различными грузоподъемными механизмами (см. рис. 17.6, а).

В настоящее время созданы и внедряются специальные механизмы, обеспечивающие прием грузов с напольного рельсового или подвесного монорельсового транспорта и подачу их к месту потребления. К таким механизмам относится тягач-подъемник типа ТП, представляющий собой самоходный стреловой кран, перемещающийся по подвесным путям и снабженный набором стропов и навесного оборудования для доставки из мест временного складирования к забою на расстояние до 50 м элементов арочной крепи, рельсов, шпал и других материалов. Грузоподъемность в зависимости от вылета стрелы составляет 0,8—1,9 т, скорость передвижения — 30 м/мин.

Наиболее перспективными устройствами для погрузки, разгрузки и транспортирования вспомогательных грузов в пределах призабойной зоны подготовительных выработок являются маневровые монорельсовые приводные тележки-тягачи, включающие в себя привод, тормозной блок, грузовые тележки, оборудованные таями, и штанги, соединяющие тягач с грузовыми тележками (рис. 17.14). В качестве привода используют пневмо- или гидродвигатель, момент вращения от которого через редуктор переда-



**Рис. 17.14.** Схема перегрузки и подачи в забой грузов с помощью монорельсовых тележек-тягачей:  
 1 — монорельс; 2 — тележка-тягач; 3 — грузоподъемное устройство; 4 — грузоподъемное устройство; 5 — подвеска монорельса; 6 — контейнер; 7 — грузовая платформа;

ется тяговым колесом с полиуретановой футеровкой, прижатым к стойке монорельса. Маневровая тележка перемещается по полкам монорельса на четырех ходовых роликах с регулируемой скоростью от 0 до 0,6 м/с. Развиваемое тяговое усилие — до 15 кН. При работе в выработках с углами наклона до 18—20° тягач оснащают тормозным блоком. Грузоподъемность грузовых тележек составляет 1,5—3 т.

Доставляемые напольным рельсовым транспортом грузы в контейнерах с помощью талей прицепляют к монорельсовым тележкам и затем маневровой тележкой транспортируют к местам потребления. По мере подвигания подготовительного забоя через каждые 120—130 м устанавливают пункты подключения питающего кабеля маневровой тележки.

Конструкции маневровых тележек разрабатывают институты Гипроуглегормаш и ИГД им. А. А. Скочинского (подъемно-тяговая установка типа УПТ), и ПечорНИИпроект (грузоподъемное самоходное устройство типа ГСУ). За рубежом маневровые тележки производит фирма «Шарф» (ФРГ).

Маневровые монорельсовые тележки позволяют механизировать погрузочно-разгрузочные и транспортные работы в призабойной зоне подготовительных выработок.

## **17.6. Эксплуатация средств вспомогательного транспорта**

Работа вспомогательного транспорта должна быть организована таким образом, чтобы надежно и бесперебойно снабжать подготовительные забои необходимыми материалами, обеспечивая высокую производительность труда и технико-экономические показатели эксплуатации транспортных машин и погрузочно-разгрузочных механизмов. При доставке людей к месту работы необходимо обеспечение минимального времени перевозки, комфортных условий, минимальной утомляемости и максимальной безопасности.

Правильная организация и эксплуатация вспомогательного транспорта может быть достигнута только при: комплексной взаимосвязке работ по материально-техническому снабжению, складированию и транспортированию материалов в укрупненных грузовых единицах от завода-поставщика до мест потребления; транспортировании материалов и оборудования по календарным графикам в соответствии с планом оснащения подготовительных забоев; соответствии пропускной способности транспортных установок грузопотокам вспомогательных грузов; минимальном количестве перегрузок и комплексной механизации погрузочно-разгрузочных и складских работ.

График работы вспомогательного транспорта необходимо увязывать с графиком работы всего внутришахтного транспорта. Материалы и оборудование в подготовительный забой доставляет специализированное звено рабочих, входящих в состав комплексной проходческой бригады. Доставку суточного запаса материалов производят в рабочие и ремонтные смены. Численность звена по

доставке определяют в зависимости от сечения и скорости проведения выработки, типа крепления, а также вида транспортного средства.

Эксплуатация рельсовых и безрельсовых средств транспорта осуществляется согласно требованиям, изложенным в 7.6 и 12.4.

При доставке вспомогательных грузов подвесными средствами транспорта по подземным обособленным выработкам должны быть выдержаны следующие зазоры: свободный проход для людей с одной стороны должен быть не менее 0,7 м, с другой стороны — 0,2 м; расстояние между днищем сосуда или нижней выступающей частью транспортируемого груза и почвой выработки — 0,4 м. В конвейеризированных выработках расстояние между подвижным составом монорельсовой или канатной дорогой и ставом конвейера должно быть не менее 0,7 м.

Запрещается размещение в одной наклонной выработке средств монорельсового и напольного рельсового транспорта. При размещении в одной выработке средств монорельсового и самоходного транспорта проезжая часть выработки, предназначенная для передвижения самоходных машин, должна быть ограждена устройствами (отбойными брусьями), исключающими возможность заезда самоходных машин в зону действия монорельсовой дороги.

Грузолюдские средства транспорта должны быть оборудованы аппаратурой автоматического управления, сигнализации и связи, которая обеспечивает подачу звуковых сигналов, возможность экстренной остановки в любом месте по трассе движения, блокировку, исключающую пуск установки посторонним лицом и повторное включение после аварийной остановки. Между посадочными площадками или пунктами погрузки и разгрузки обязательна телефонная связь.

Осмотр тягового каната и пассажирских вагонов грузолюдских дорог должен проводиться ежедневно электрослесарем при ревизионной скорости не более 0,3 м/с.

При эксплуатации средств вспомогательного транспорта основными правилами безопасности запрещается: перевозка материалов и оборудования, выступающих за габариты подвижного состава по ширине и высоте; одновременная перевозка людей и грузов, за исключением людей, сопровождающих груз, которые должны находиться в пассажирской вагонетке; хождение людей по выработке во время работы подвесных средств транспорта; перевозка длинномерных и крупногабаритных грузов со скоростью более 1 м/с; езда людей в грузовых тележках.



**18. ТРАНСПОРТ НА ПОВЕРХНОСТИ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ И ШАХТ****18.1. Механизация транспортных работ на строительной площадке**

Основными задачами транспорта на поверхности строящейся шахты являются перемещение выдаваемой из шахты породы в отвал и доставка на склад и со склада к стволу вспомогательных материалов и оборудования, а также прием из шахты порожних контейнеров, специальных вагонеток, демонтированного оборудования, металлолома и др.

Транспортные системы на строительной площадке должны обеспечивать бесперебойную работу подъемного комплекса, а также исключать возможность загрязнения окружающей среды, самовозгорания отвалов, создавать условия для рекультивации земель с минимальными затратами.

Наиболее напряженная работа транспорта на строительной площадке начинается во второй период строительства шахты при сооружении приствольных камер и горизонтальных и наклонных выработок, когда выдают из строящейся шахты значительный объем породы и доставляют в шахту большое количество различных материалов.

Породу из шахты выдают различными видами подъема и транспорта. При вскрытии месторождения вертикальными стволами породу обычно выдают в вагонетках с использованием проходческого или постоянного клетового подъема. Наиболее производительным является скиповой подъем, однако его монтаж обычно заканчивают незадолго до завершения большего объема строительных работ, и поэтому практически невозможно в период строительства использовать скиповой подъем для выдачи породы.

При проведении тоннелей большого сечения и вскрытии месторождений штольнями или наклонными стволами с углами наклона до 8—12° породу на поверхность транспортируют автосамосвалами, при больших углах наклона — в скипах с помощью канцовой канатной откатки.

При проведении городских коллекторных тоннелей контейнеры, в которых породу на платформах доставляют к стволу, поднимают на поверхность козловыми кранами.

Основными видами транспорта, доставляющими грузы от завода-изготовителя на шахтный склад, являются железнодорожный, автомобильный и тракторный.

Железнодорожный транспорт используют при расстояниях транспортирования свыше 50—60 км. Для перевозки различных

грузов в контейнерах и пакетах применяют полувагоны и платформы.

Автомобильный транспорт для перевозки различных вспомогательных грузов дополняет железнодорожный. Его использование целесообразно при относительно небольших расстояниях транспортирования.

При расстояниях транспортирования до 20—25 км в шахтном строительстве широко применяют тракторы с прицепами на пневмошинном механизме перемещения.

Доставляемые грузы разгружают и складывают с помощью кранов различных конструкций. Подачу грузов со склада к стволу производят обычно рельсовым транспортом узкой колеи. Для перегрузки и подачи к стволу грузов широко используют тельферы грузоподъемностью до 5—7 т, перемещающиеся по монорельсу, установленному на эстакаде, козловые краны (см. рис. 17.1) и другое подъемно-транспортное оборудование.

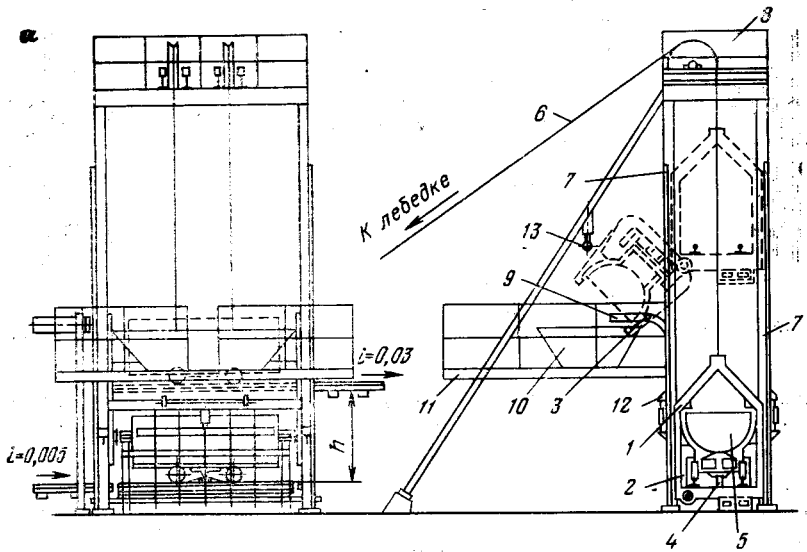
## 18.2. Комплекс приема породы на строительной площадке

При выдаче породы из шахты на поверхности для ее разгрузки применяют обычно боковые опрокидыватели и кольцевые схемы откатки с самокатным или принудительным движением вагонеток.

Боковой опрокидыватель (рис. 18.1, а) помимо опрокидывания выполняет роль компенсатора высоты при самокатной откатке вагонеток.

Боковой опрокидыватель включает в себя: каретку 1, на которой шарнирно укреплен контейнер 2, снабженный опорными роликами 3 и стопором 4 для удержания вагонетки 5. Каретка 1 вместе с контейнером 2 и вагонеткой 5 перемещается от лебедки канатом 6 по вертикальным направляющим 7, закрепленным на копре 8. На копре опрокидывателя монтированы разгрузочные кривые 9, бункер 10 для приема разгружаемой из вагонетки породы и площадка обслуживания 11. На уровне, равном величине высоты  $h$ , потерянной при самокатном движении вагонеток, на копре 8 шарнирно закреплены посадочные кулаки 12, выполненные в виде двуплечих рычагов и оборудованные электрическим, гидравлическим или пневматическим приводом. Для очистки вагонеток на укосине копра опрокидывателя подвешены электрические вибраторы 13.

При самокатной откатке вагонеток (рис. 18.1, б) на поверхности груженная вагонетка, поднятая на нулевую площадку в надшахтном здании, выталкивается из клетки и самокатом перемещается по грузовой ветви 14 до задерживающего стопора 15. При открывании стопора 15 вагонетка самокатом надвигается на толкатель 16 и передними полускатками упирается в дозирующие стопоры 17, которые открыты, если свободен контейнер и каретка 1 опрокидывателя находится в исходном положении на нулевой отметке.



**Рис. 18.1.** Комплекс обмена на поверхности строящейся шахты с самокатным движением вагонеток

При нахождении свободной каретки на нулевой отметке включается толкатель 16 и груженная вагонетка устанавливается и стопорится в контейнере каретки 1 опрокидывателя. При этом вагонетка нажимает на концевой выключатель подъемной лебедки, с помощью которой груженная вагонетка при убранных посадочных кулаках 12 поднимается вверх. На копре установлен концевой выключатель, который ограничивает крайнее верхнее положение каретки, при этом контейнер 2 заходит опорными роликами 3 в кривые 9 (см. рис. 18.1, а) и вместе с вагонеткой опрокидывается,

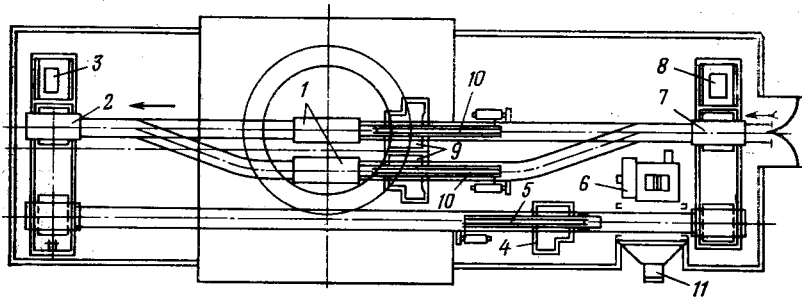


Рис. 18.2. Схема обмена вагонеток с поперечными перекатными платформами

взаимодействуя одновременно с концевым выключателем лебедки. После выключения лебедки включаются электрические вибраторы 13, с помощью которых определенное время очищается вагонетка, затем автоматически включается подъемная лебедка на спуск каретки вниз. При спуске каретка воздействует на концевой выключатель привода посадочных кулаков 12, а контейнер садится на кулаки, при этом концевой выключатель отключает подъемную лебедку. Вагонетка в контейнере освобождается от стопоров и автоматически выталкивается на порожнюю ветвь рельсового пути 18 (рис. 18.1, б). На порожней ветви установлен концевой выключатель, который при воздействии на него вагонетки включает привод посадочных кулаков на их уборку, а лебедку — на спуск. Каретка, дойдя до рамы нулевой отметки, воздействует на концевой выключатель, лебедка отключается, открываются дозирующие стопоры 17 и толкателем 16 заталкивается в контейнер каретки 1 очередная груженная вагонетка, после чего цикл работы комплекса повторяется в автоматическом режиме.

Для аккумуляирования порожних и груженных вагонеток к порожней и груженой ветвям рельсового пути кольцевой откатки примыкают тупиковые пути соответственно 19 и 20.

Схемы с самокатным движением вагонеток просты по конструктивному исполнению, но обладают такими недостатками, как малая надежность (возможна остановка вагонеток или сход с рельсов при большой скорости движения), необходимость компенсации высоты. Схемы с принудительным перемещением вагонеток более надежны в работе, компактны, но требуют большего количества различных механизмов, чем при самокатной откатке. Находят применение комбинированные схемы откатки с перестановочными и поворотными платформами при наличии самокатных путей и схемы с принудительным перемещением вагонеток, оборудованные толкателями, перестановочными платформами, поперечными конвейерами.

На рис. 18.2 показана схема обмена вагонеток с применением поперечных перекатных платформ. Согласно этой схеме, используемой при реконструкции угольных шахт, обмен вагонеток осуш

ствляют следующим образом. Грузеная вагонетка из клетки 1 поступает на перекатную платформу 2, которая лебедкой 3 перемещается с компенсацией высоты на грузовую ветку рельсового пути. По грузовому пути вагонетка самокатом поступает к дозирующему стопору 4 и далее цепным толкателем 5 подается на разгрузку в опрокидыватель 6 башенного типа, в котором вагонетка разгружается в бункер, оборудованный секторным затвором 11. После разгрузки порожняя вагонетка поступает на перекатную платформу 7, которая перемещается лебедкой 8 до порожняковой ветки рельсового пути. По этому пути порожняя вагонетка доходит до дозирующих стопоров 9 и цепным толкателем 10 подается в клеть 1.

При реконструкции угольных шахт Кузбасса с обменом вагонок на поверхности (см. рис. 18.2) достигалась производительность 24 вагонетки ВГ-2,5 в час.

### 18.3. Транспортирование породы в отвал

Выдаваемую из шахты на поверхность породу транспортируют в отвалы или при организации комплексной переработки сырья непосредственно на предприятия для использования при изготовлении различных стройматериалов.

Отвалы могут быть индивидуальными, предназначенными только для одной шахты, и центральными — для группы шахт. По форме отсыпки отвалы выполняют плоскими, хребтовыми, конoidalными и коническими.

На старых действующих шахтах широкое распространение получили конoidalные отвалы (терриконы) с транспортированием породы в вагонетках или скипах, перемещаемых канатами по рельсовым путям, уложенным на отвалах. Такие отвалы обладают рядом существенных недостатков: низкий уровень механизации и высокая трудоемкость работ по наращиванию рельсовых путей и передвижке разгрузочных устройств, недостаточная вместимость отвала, значительная подверженность складированной породы угольных шахт к самовозгоранию, загрязнение воздуха и опасность взрыва. Они не удовлетворяют современные шахты по производительности отвалообразования и не соответствуют санитарным нормам, которые требуют удаления отвалов на большие расстояния от промышленных площадок шахт и жилых массивов.

Основным направлением развития породного хозяйства шахт является создание плоских отвалов с расположением их на расстоянии не менее 500 м от зданий общего назначения. На реконструируемых шахтах допускается образование отвалов другой формы при строгом соблюдении правил безопасности и санитарных норм. Для размещения отвалов рекомендуется использовать естественные складки местности (овраги, балки), отработанные карьеры и различные земельные участки, непригодные для сельскохозяйственных работ. Для улучшения санитарно-гигиенических усло-

вий промышленных районов сформированные плоские отвалы покрывают грунтом и озеленяют.

Формирование плоских отвалов производят бульдозерами и экскаваторами. Так как плоские отвалы породы угольных шахт склонны к самовозгоранию, то складировать породу послойно с попутным уплотнением и послойным покрытием инертными негорючими материалами.

Породу от шахты в отвал перемещают автомобильным транспортом, реже подвесными канатными дорогами. Иногда используют железнодорожный транспорт широкой колеи, ленточные конвейеры.

*Автомобильный транспорт* является основным при образовании плоских отвалов вследствие его большой маневренности, возможности транспортирования крупнокусковой породы, надежности в работе, так как в транспортировании участвует большое количество автомобилей и остановка одной или нескольких транспортных единиц не влечет за собой остановки всего породного комплекса. Автомобильный транспорт наиболее эффективен при расстояниях транспортирования до 3—4 км.

В качестве транспортных средств применяют автосамосвалы марок ЗИЛ, МАЗ, КрАЗ, БелАЗ грузоподъемностью от 4,5 до 27 т. Погрузку породы в автосамосвалы производят из погрузочных бункеров вместимостью 60—100 т.

*Подвесные канатные дороги* обладают такими преимуществами, как малая зависимость от рельефа местности и возможность проведения трассы транспортирования выше наземных коммуникаций, высокая степень механизации и автоматизации. Для транспорта породы в отвал применяют двухканатные подвесные дороги, у которых один канат является несущим, а другой — тяговым. По характеру перемещения вагонеток различают дороги с маятниковым и кольцевым движением.

Маятниковые подвесные дороги имеют ограниченную длину транспортирования до 650 м и небольшую производительность, их применяют в основном на старых шахтах.

Кольцевые подвесные канатные дороги позволяют транспортировать породу в отвал, расположенный на расстоянии до 10 км от шахты, обеспечивают высокую производительность и отсыпку отвалов большой вместимости (15—20 млн. м<sup>3</sup>) и различной формы (хребтовые, секторные, прямоугольные). Недостатками подвесных канатных дорог являются их неустойчивая работа при сильном ветре и обмерзание вагонеток в зимнее время.

На рис. 18.3, *а* показана схема кольцевой канатной дороги с хребтовым отвалом. Вагонетки (рис. 18.3, *б*) кольцевой канатной дороги перемещаются по несущему канату бесконечным тяговым канатом, сцепляемым и расцепляемым с вагонетками на погрузочной станции. По трассе дороги грузовая и порожняя ветви несущего каната поддерживаются опорами (рис. 18.3, *в*).

На погрузочной станции вагонетки автоматически отключаются от тягового каната и с несущего каната порожней ветви п

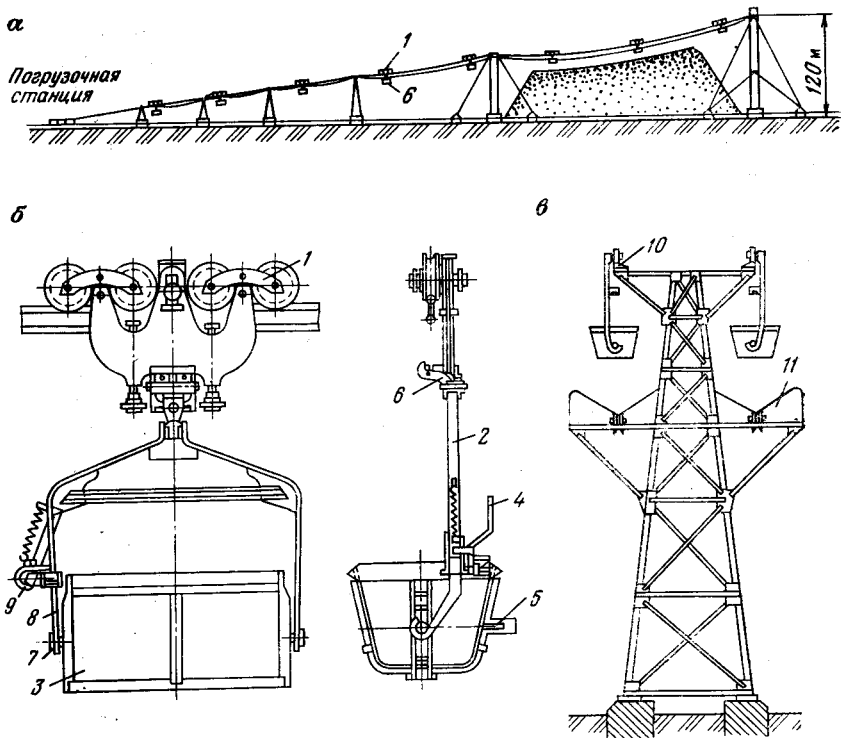


Рис. 18.3. Схема кольцевой канатной дороги с хребтовым отвалом (а), вагонетки (б) и линейная опора (в)

реходят на жесткий рельс, где их останавливают и загружают породой с помощью пластинчатого питателя и весового дозатора. Затем вагонетки толкающим конвейером перемещают с жесткого рельса на несущий канат грузовой ветви, где они автоматически подключаются к тяговому канату и перемещаются по трассе дороги к отвалу.

В отвальном пролете разгрузка вагонеток производится на ходу при взаимодействии рычага защелки кузова с упором, закрепленным на несущем канате и перемещаемым лебедкой по несущему канату по мере отсыпки отвала. После разгрузки вагонетки без отцепки от тягового каната проходят конечную станцию и возвращаются по порожней ветви несущего каната на погрузочную станцию.

Трассу подвесной дороги прокладывают по прямой или ломаной линии. В местах изгиба трассы устанавливают угловые станции. Конечные станции отвальных дорог, а в дорогах с прямоугольными отвалами и угловые станции выполняют передвижными на приводных тележках, периодически перемещающихся по рельсовым путям. Благодаря передвижным станциям обеспечива-

ется отсыпка отвала прямоугольной или секторной формы, однако ввиду сложности монтажа и эксплуатации такие канатные дороги не получили широкого распространения.

Вагонетка кольцевой канатной дороги (рис. 18.3, б) состоит из ходовой тележки 1, подвески 2 и кузова 3. Тяговый канат присоединяется к вагонетке с помощью сцепного прибора 4. На торцовых стенках опрокидного кузова 3 закреплены цапфы 5, которыми кузов удерживается на крюках 6 подвески 2 и в нормальном положении фиксируется от опрокидывания пружинной защелкой 7, представляющей собой двуплечий поворотный рычаг, одно плечо которого при фиксированном положении кузова входит в вырез запорной планки 8, а другое плечо, взаимодействующее с упором в отвальном пролете, служит для освобождения кузова. При освобождении защелки груженого кузова происходит его опрокидывание, так как ось цапфы 5 закреплена эксцентрично по отношению к центру тяжести кузова и его центр тяжести располагается выше оси вращения. Для возврата кузова в исходное положение на нем закреплен палец 9, который входит в спиральную направляющую, установленную на погрузочной станции. Вагонетка на погрузочную станцию возвращается с опрокинутым кузовом. При ее движении по жесткому рельсу кузов, перемещаясь винтообразно, возвращается в исходное положение с фиксацией его защелкой.

Кузов вагонетки имеет вместимость 0,5—2 м<sup>3</sup> грузоподъемностью 1—3 т.

Несущие и тяговые канаты на трассе дороги поддерживаются металлическими или железобетонными опорами (рис. 18.3, в), на которых закреплены башмаки 10 для поддержания несущих канатов и поддерживающие ролики 11 тяговых канатов.

Кольцевые отвальные дороги обеспечивают производительность 50—250 т/ч, длина их 1—2,5 км и более, скорость перемещения вагонеток 1,6—2 м/с.

Техническая производительность кольцевой канатной дороги (т/ч)

$$Q_T = 3600Gk_3/t,$$

где  $G$  — грузоподъемность вагонетки, т;  $k_3 = 0,8 \div 0,9$  — коэффициент заполнения вагонетки;  $t = l/v$  — интервал времени между выходами вагонеток на трассу дороги, с (практически  $t = 25 \div 55$  с);  $l$  — расстояние между вагонетками, м;  $v$  — скорость перемещения вагонеток, м/с.

Институтом ВНИИОМШС разработана методика выбора с применением ЭВМ оптимальных схем транспорта на поверхности строящейся шахты по перемещению породы и инертных материалов в отвал и бетонной смеси к приствольному бетонорастворному узлу автотранспортом, а также по доставке породы в отвал подвесными канатными дорогами в тех случаях, когда неприемлемо использование автотранспорта. Выбор оптимальной схемы транспорта производят методом динамической оценки сравнительной



эффективности по показателю ковариантной разности суммарных приведенных затрат за период строительства шахты.

Методика включает алгоритм решения задачи, для реализации которого разработана программа для ЭВМ ЕС-1022. Выходными параметрами являются: схема транспорта; вместимость породного бункера; типы и количество автосамосвалов, необходимых для вывоза породы, подвоза инертных материалов и компонентов бетонной смеси; режим работы автотранспорта; тип обменно-разгрузочного комплекса на поверхности; стоимостные характеристики.

### **Основные направления совершенствования транспортных машин для строительства подземных сооружений и шахт**

Генеральным направлением совершенствования транспортных машин, используемых при строительстве подземных сооружений и шахт, является создание новых и более широкое применение модернизированных средств непрерывного транспорта переменной длины, надежных и экономичных локомотивов, специальных проходческих вагонов с донным конвейером, самоходных погрузочно-транспортных и транспортных машин, напочвенных и подвесных средств вспомогательного транспорта, а также комплексная механизация и полная автоматизация транспортных работ с использованием роботов и микропроцессорной техники.

Основными способами проведения горных выработок останутся комбайновый, буровзрывной и щитовой. Главным направлением развития шахтного строительства является расширение области применения комбайнового способа проведения выработок с использованием непрерывного транспорта горной массы из забоя, возведением крепи и выполнением других процессов одновременно с работой комбайна, что обеспечивает поточную технологию и высокие темпы проведения выработок.

Наиболее совершенной конструкцией средств непрерывного транспорта для доставки горной массы при комбайновом способе проходки являются телескопические ленточные конвейеры в сочетании с ленточными перегружателями, выпуск которых для нужд шахтного строительства постоянно возрастает.

При буровзрывном способе проведения горных выработок будут использоваться в основном погрузочные ковшовые машины с электрогидроприводом с боковой разгрузкой ковша вместимостью 0,3—1,5 м<sup>3</sup> и погрузочные машины с нагребными лапами с технической производительностью до 4—6 м<sup>3</sup>/мин. Основным видом транспорта при буровзрывном способе проведения выработок останется локомотивная откатка с использованием проходческих бункер-вагонов и бункер-поездов. В сочетании с погрузочными машинами с нагребными лапами при строительстве угольных шахт будут применяться скребковые конвейеры. Дальнейшее развитие получают специальные скребковые конвейеры, используемые в аккумуляющих механизированных бункерах, устанавливаемых в основном в угольных шахтах на сопряжении существующей и проводимой выработок.

Совершенствуются конструкции аккумуляторных и контактных электровозов, которые оборудуют тиристорно-импульсной системой

управления. Разработаны и внедряются системы автоматического вождения электровозов по магистральным откаточным выработкам без машиниста с использованием микропроцессорной техники и телевидения.

Дальнейшее развитие получают самоходные транспортные машины при проведении выработок по крепким породам при строительстве рудных шахт, тоннелей большого сечения, а также угольных шахт. Совершенствуются конструкции погрузочно-транспортных машин с грузоподъемностью ковша 3—12 т, автосамосвалов грузоподъемностью 22—40 т. В шахтном строительстве прогрессивным направлением является замена на погрузочно-транспортных машинах дизельных двигателей электрическими, что обеспечивает меньший уровень шума, отсутствие отработавших газов, меньшие затраты на ремонт.

Дальнейшее развитие получают гравитационный транспорт, гидротранспорт горной массы при проведении выработок в угольных гидрошахтах, пневмотранспорт породы в раскопку при проведении выработок широким забоем, а также пневмотранспорт бетонной смеси по тубам.

Наряду с новыми видами транспортных машин для погрузки и доставки горной массы в угольных и рудных шахтах будут применяться скреперные установки, в основном при проведении выработок малого сечения с большими (до 25°) углами наклона и небольшой протяженности.

В области вспомогательного транспорта оборудования, различных материалов и людей получают развитие грузолюдские монорельсовые и напочвенные дороги с канатным и автономным приводом, самоходные транспортные машины, модульные системы машин многоцелевого назначения с легкоъемными и быстроменяемыми модулями для работ по погрузке и доставке горной массы, строительных материалов, обушиванию забоя и т. д.

Дальнейшее развитие получит пакетно-контейнерная доставка вспомогательных грузов в забой проводимой выработки, а также полная механизация погрузочно-разгрузочных и такелажных работ.

Создание нового и совершенствование существующего проходческого оборудования для проведения горных выработок, в том числе входящих в проходческие комплексы транспортных машин, ведется в следующих направлениях: создание средств комплексной механизации всех операций горнопроходческого цикла; повышение производительности машин и их надежности; существенное улучшение качества технического обслуживания и ремонта машин, более широкое внедрение агрегатно-узлового метода ремонта; расширение области применения горнопроходческих и транспортных машин по крепости и абразивности пород, площади сечения и углу наклона проводимых выработок; замена существующего на ряде операций ручного труда механизированным; создание роботизированных проходческих комплексов с дистанционным и программным управлением с широким использованием микропроцессорной

техники и ЭВМ; улучшение санитарно-гигиенических условий труда, его комфортности и повышение безопасности эксплуатации всех видов машин, входящих в проходческие комплексы.

Выполнение данных мероприятий позволит увеличить производительность в строительстве подземных сооружений и шахт, значительно улучшить технико-экономические показатели проходки выработок, довести к 1990 г. в угольной промышленности уровень комбайновой проходки выработок до 48—50 %, как это предусматривается Основными направлениями экономического и социального развития СССР на 1986—1990 годы и на период до 2000 года.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ананьин Г. П., Голутвин В. А., Гуляев О. К. Погрузочные и разгрузочные пункты подземного транспорта. М., Недра, 1980.
2. Беляков В. А., Калинин Ю. П. Монтаж, эксплуатация и ремонт транспортных машин горнорудных шахт. М., Недра, 1982.
3. Волотковский С. А. Рудничная электровозная тяга. М., Недра, 1981.
4. Григорьев В. Н., Дьяков В. А., Пухов Ю. С. Транспортные машины для подземных разработок. М., Недра, 1984.
5. Кальницкий Я. Б. Безопасная эксплуатация подземного самоходного оборудования. М., Недра, 1982.
6. Ковшовые погрузочно-транспортные машины / П. А. Корляков, Г. С. Кордюков, Ю. Н. Павлов и др. М., Недра, 1980.
7. Машины и оборудование для проведения горизонтальных и наклонных выработок. Под ред. Б. Ф. Братченко. М., Недра, 1975.
8. Насонов И. Д., Фелюкин В. А., Шуплик М. Н. Технология строительства подземных сооружений. М., Недра, 1983.
9. Нильва Э. Э., Цейтин И. Э. Горно-подготовительные работы на угольных шахтах. М., Недра, 1981.
10. Общесоюзные нормы технологического проектирования подземного транспорта горнодобывающих предприятий. М., Центрогипрошахт, 1980.
11. Общесоюзные нормы технологического проектирования организации строительства горнодобывающих предприятий, разрабатывающих полезные ископаемые подземным способом. Минуглепром СССР, 1983.
12. Основные положения по проектированию подземного транспорта для новых и действующих шахт. М., ИГД им. А. А. Скочинского, 1984.
13. Пиньковский Г. С. Резервы повышения эффективности шахтного строительства. М., Недра, 1981.
14. Подземный транспорт шахт и рудников. Под ред. Г. Я. Пейсаховича и И. П. Ремизова. М., Недра, 1985.
15. Покровский Н. М. Технология строительства подземных сооружений и шахт. М., Недра, 1982.
16. Пухов Ю. С. Рудничный транспорт. М., Недра, 1983.
17. Пухов Ю. С. Транспортные машины. М., Недра, 1979.
18. Правила безопасности в угольных и сланцевых шахтах. М., Недра, 1976.
19. Рудничный транспорт и механизация вспомогательных работ. Под ред. Б. Ф. Братченко. М., Недра, 1978.
20. Скребокковые забойные конвейеры / В. Н. Хорин, И. С. Солопий, В. П. Щенников и др. М., Недра, 1981.
21. Технологические схемы комбайнового проведения горизонтальных и наклонных выработок в условиях строящейся шахты. ВНИИОМШС. Харьков, 1982.
22. Типовые технологические карты проведения горизонтальных горных выработок сечением в проходе более 18 м<sup>2</sup> буровзрывным способом. КузНИИ-шахтострой, Кемерово, 1983.
23. Тихонов Н. В. Транспортные машины горнорудных предприятий. М., Недра, 1985.
24. Транспорт на горных предприятиях / Б. А. Кузнецов, А. А. Ренгевич, В. Г. Шорин и др. М., Недра, 1976.
25. Проведение капитальных наклонных выработок / Б. С. Амурский, Я. Л. Клыков, Ю. А. Сибирский и др. М., Недра, 1980.
26. Справочник инженера-шахтостроителя. Под общ. ред. В. В. Белого, М., Недра, 1983, т. 1, 2.
27. Строительство и реконструкция угольных шахт / И. В. Баронский, Л. М. Ерофеев, Н. Р. Умнов и др. М., Недра, 1983.
28. Филимонов А. Т., Инкелес Е. Д. Ремонт самоходного оборудования на подземных рудниках. М., Недра, 1979.
29. Ющенко А. И., Гудалов В. П. Справочник машиниста рудничного локомотива. М., Недра, 1981.

## ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

### А

- Абразивность горной массы 9
- Автоматическая блокировка стрелок 87
- Автоуклон 101
- Аккумулирующая емкость 11
- Аккумуляторная батарея 73
- Аэросмесь 181, 186

### Б

- Барабан кабельный 125
- Балласт 47
- Безотказность 13
- Брусья-амортизаторы 196
- Бункер-перегрузатель 32
- Буксование 77
- Буфер 61

### В

- Вагон самоходный 125, 126, 128
- Вагонетка с глухим кузовом 60, 61
- — — опрокидным 60, 61
- с откидным бортом 60, 61
- — — днищем 60, 61
- Вакуум-насос 179
- Вибратор 214
- Влажность горной массы 9
- Воздуходувка 183, 185
- Воронка загрузочная 94
- Вулканизация конвейерных лент 149

### Г

- Гаситель скорости 98
- Гидроамортизатор 126
- Гидромонитор 183
- Гидросилитель 126
- Гидромеханическая трансмиссия 121
- Гидроэлеватор 178
- Гранулометрический состав насыпных грузов 9
- График движения локомотива 86
- Грейфер 108, 209
- Грузонесущий орган 16
- Грузоподъемность 123
- Грузооборот 10
- Грузопоток 10
- Грузы зернистые 8
- крупнокусковые 8
- мелкокусковые 8
- порошкообразные 8

- среднекусковые 8
- штучные 9
- пылевидные 8

### Д

- Датчик магнитоиндукционный 174
- тахогенераторный 174
- Движение юзом 77
- Движитель 99
- Диаграмма натяжная 22
- Дизелевоз 69
- Дифференциал самоблокирующийся 121
- Долговечность 13
- Дуга относительного покоя 150
- скольжения 150

### З

- Загрузочное устройство 153
- Закладочная машина 183
- Запас прочности 158
- Зарядный стол 74, 83
- Зарядное устройство 74, 81
- Затвор пальцевый 94
- секторный 94
- цепной 94
- шиберный 94

### И

- Интенсивность отказов 13

### К

- Канат стабилизации 105
- Качество транспортных машин 12
- Колесная пара 70
- Коллектор всасывающий 121
- выхлопной 121
- Колея колесная 45
- рельсовая 45
- Колодка тормозная 71, 214, 98
- Компенсатор высоты 214, 98
- Конвейер ленточный 145, 154
- ленточно-канатный 172
- телескопический 155
- скребковый 164
- пластинчатый 172
- Коэффициент готовности 12
- заполнения 16
- неравномерности 10
- разрыхления 8
- ремонтпригодности 13

— сопротивления движению 18  
— инерции вращающихся масс 19  
Критическая скорость пульпы 180  
Крупность кусков груза 8  
Кусковатость груза 8  
Кусок кондиционный 8

## Л

Лебедка 96  
Лента конвейерная 148, 149  
Липкость груза 9  
Ловитель вагонеток 93

## М

Марка крестовины 48  
Масса приведенная 19  
Метод расчета обхода контура по точкам 21  
Микропроцессор 3, 87  
Монорельс 201, 208  
Мощность привода 22  
Мультипликатор 183  
Муфта гидравлическая 167

## Н

Нагребальные лапы 109, 111  
Надежность 13  
Накладная стрелка 55  
Наработка на отказ 13  
Негабарит 8  
Неравномерность грузопотока 10  
Нейтрализатор отработавших газов 120, 121  
Нижнее строение пути 45

## О

Обкладка ленты верхняя 148  
— нижняя 148  
Опрокидыватель круговой 95  
— штоковый 95  
Оросительная система погрузочной машины 119  
Отвал плоский 217  
— конический 217  
— коноидальный 217  
— хребтовый 217  
Откатка канатная 88  
Отказ 13

## П

Пакетирующая кассета 193  
Песочная система 71  
Передача тягового усилия зацеплением 6  
— — — рабочей средой 6, 180

— — — силой гравитации 6, 175  
— — — сцеплением 6, 76  
— — — трением 6, 150  
— скребковый 95  
Питатель вибрационный 95  
— качающийся 95  
— ленточный 95  
— пластинчатый 95  
Плотность монолитной породы в целлике 8  
— насыпная 8  
Поддон для доставки грузов 190, 191  
Подстанция тяговая 74, 76  
— зарядная 74, 76  
Поезд секционный 65  
Полок 136, 137  
Полуприцеп 126, 199  
Промилле 18  
Приведенные затраты на проходческие работы 35  
Пресс вулканизационный 149  
Пробка предохранительная плавкая 168  
Провод контактный 76  
Производительность теоретическая 15  
— техническая 15  
— эксплуатационная 16  
Приемная способность ленточного конвейера 16  
Профиль рельсовых путей 196  
Пункт погрузочный 94  
Пульпа 181

## Р

Работоспособность 13  
Разминовка путевая 55  
Раскоска 181  
Ремонтопригодность 13  
Рессорная подвеска 70, 195  
Рисунок протекторный 121  
Роликоопора 152  
Рудоспуск 176  
Рукав воздухоподводящий 119

## С

Самостав 67  
Сигнализация двухцветовая 87  
— путевая 87  
Сила тяги 17  
Скорость витания 180  
Сопротивление движению 17  
— — — дополнительное 19  
— — — основное 18  
— — — удельное 18  
Строп-пакет 190  
Стопорный башмак 67  
Стыковка ленты 49  
Стопор путевой 96

Сцепка автоматическая 62  
— ручная 62  
Сцепной вес локомотива 77  
Съезд путевой 55, 56

### Т

Таль 201  
Тиристорно-импульсный преобразователь 73  
Ток двигателя электровоза длительный 73  
— — — часовой 73  
— — — эффективный 80  
Толкатель 96  
Тормозной путь 81  
Трайлер для крупногабаритных грузов 99  
Тюбинг 194  
Тяговый орган 21  
Тяговый фактор 150  
Тяговое усилие 150  
Тяговая сеть 76

### У

Угол естественного откоса 8  
— обхвата 150  
Уклон равного сопротивления 50  
Упор подвагонный 61  
Уравнение движения 19  
Уширение колеи 52

### Ф

Фиксатор эксцентриковый 194  
Фрикцион 97  
Фронт погрузки 105  
Футеровка барабана 151

### Х

Характеристика электромеханическая 73

### Ш

Шаблон путевой 51  
Шаг роликсопор 158  
— цепи 168  
Ширина колеи 45  
Шкив трения 201

### Э

Электровоз аккумуляторный 68, 69  
— контактный 68, 69  
— бесконтактный высокочастотный 69  
Энергоемкость погрузки 105

### Я

Ящик шпальный 51



# ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
----------	---

## Раздел 1

<b>Общие сведения, основы расчета и эксплуатации транспортных машин</b>	
1. Общие сведения о транспортных машинах и перевозимых грузах	5
1.1. Виды транспортных машин и их классификация	5
1.2. Транспортируемые грузы	7
1.3. Грузооборот и грузопотоки	10
1.4. Основные показатели качества и надежности транспортных машин	12
2. Основы теории и расчета транспортных машин	15
2.1. Производительность	15
2.2. Сопротивления движению и сила тяги	17
2.3. Мощность привода и расход энергии	22
2.4. Применение ЭВМ для определения основных параметров транспортных машин	23
3. Технологические схемы проведения выработок и транспортное оборудование проходческих комплексов	24
3.1. Основные принципы построения технологических схем проведения горных выработок	24
3.2. Транспортное оборудование проходческих комплексов	28
3.3. Технико-экономическое обоснование проведения выработок проходческими комплексами	35
3.4. Выбор оптимальных схем подземного транспорта с применением ЭВМ при проведении горных выработок на строящихся шахтах	36
4. Основные вопросы эксплуатации транспортных машин	37
4.1. Условия эксплуатации транспортных машин	37
4.2. Организация транспорта при скоростном проведении горных выработок	38
4.3. Автоматизация процессов погрузки и транспортирования	39
4.4. Обслуживание и ремонт транспортных машин	41
4.5. Безопасная эксплуатация транспортных машин	42
4.6. Охрана окружающей среды	43

## Раздел 2

### Рельсовый транспорт

5. Строение рельсового пути	44
5.1. Основные элементы и параметры рельсового пути	44
5.2. Укладка рельсового пути	49
5.3. Путевое оборудование для обмена вагонеток при проведении горных выработок	54
5.4. Эксплуатация рельсового пути	58
6. Рудничные вагонетки	58
6.1. Типы и конструкции рудничных вагонеток	58
6.2. Проходческие бункер-вагоны и бункер-поезда	62
6.3. Параметры вагонеток и область их применения	65
6.4. Эксплуатация вагонеток	66
7. Рудничные локомотивы	67
7.1. Классификация и область применения	67
7.2. Устройство электровозов	70
7.3. Зарядные и тяговые подстанции, тяговая сеть	74
7.4. Тяговое усилие и торможение локомотива	76
7.5. Эксплуатационный расчет локомотивного транспорта	77

7.6. Организация, автоматизация и эксплуатация локомотивного транспорта	83
8. Оборудование канатной откатки	88
8.1. Схемы и область применения канатной откатки при проведении наклонных выработок	88
8.2. Устройство концевой канатной откатки	91
8.3. Эксплуатационный расчет канатной откатки	92
8.4. Эксплуатация оборудования канатной откатки	93
9. Вспомогательное оборудование рельсового транспорта	94
9.1. Устройства для загрузки и разгрузки вагонеток	94
9.2. Маневровое и путевое оборудование	96

### Раздел 3

#### Самоходные машины и призабойные комплексы для погрузки и транспортирования горной массы

10. Оборудование самоходного транспорта	99
10.1. Общие сведения и область применения	99
10.2. Проходческие комплексы самоходных машин	101
11. Погрузочные машины	102
11.1. Классификация погрузочных машин	102
11.2. Устройство погрузочных машин	104
11.3. Особенности конструкции погрузочных машин для проведения выработок с большими углами наклона	112
11.4. Эксплуатационный расчет погрузочных машин	115
11.5. Эксплуатация погрузочных машин	117
12. Самоходные погрузочно-транспортные и транспортные машины	119
12.1. Погрузочно-транспортные машины	119
12.2. Самоходные транспортные машины	125
12.3. Эксплуатационный расчет	129
12.4. Эксплуатация погрузочно-транспортных и самоходных транспортных машин	133
13. Скреперные установки	135
13.1. Схемы скреперных установок и область их применения	135
13.2. Устройство призабойных скреперных установок	137
13.3. Расчет скреперной установки	142
13.4. Эксплуатация скреперных установок	144

### Раздел 4.

#### Транспортные машины непрерывного действия

14. Конвейерный транспорт	145
14.1. Общие сведения и область применения	145
14.2. Ленточные конвейеры	146
14.3. Ленточные перегружатели	159
14.4. Скребокковые конвейеры	164
14.5. Специальные конвейеры	172
14.6. Эксплуатация и автоматизация конвейерного транспорта	173
15. Транспорт под действием собственного веса	175
15.1. Принцип действия и область применения	175
15.2. Оборудование транспорта под действием собственного веса	176
16. Гидро- и пневмотранспорт	178
16.1. Схемы, принцип действия и область применения гидро- и пневмотранспортных установок	178
16.2. Оборудование гидротранспортных установок	181
16.3. Оборудование пневмотранспортных установок	183
16.4. Автоматизация и эксплуатация гидро- и пневмотранспортных установок	186

## Раздел 5.

### Транспортные машины для доставки вспомогательных грузов

17. Транспортные машины и оборудование для доставки различных грузов и перевозки людей. Механизация погрузочно-разгрузочных работ	187
17.1. Виды вспомогательного транспорта и области его применения	187
17.2. Пакетно-контейнерная доставка вспомогательных грузов	190
17.3. Напочвенные рельсовые и безрельсовые средства вспомогательного транспорта	193
17.4. Подвесные средства вспомогательного транспорта	201
17.5. Механизация погрузочно-разгрузочных и монтажных работ	207
17.6. Эксплуатация средств вспомогательного транспорта	211

## Раздел 6.

### Транспорт на поверхности

18. Транспорт на поверхности при строительстве подземных сооружений и шахт	213
18.1. Механизация транспортных работ на строительной площадке	213
18.2. Комплекс приема породы на строительной площадке	214
18.3. Транспортирование породы в отвал	217
З а к л ю ч е н и е. Основные направления совершенствования транспортных машин для строительства подземных сооружений и шахт	222
Список литературы	225
Предметный указатель	226

УЧЕБНИК

**Юрий Сергеевич Пухов**

## **ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ**

Редактор издательства *И. В. Полянцева*

Художественный редактор *О. Н. Зайцева*

Технические редакторы *А. В. Трофимов, В. Ю. Любимова*

Корректор *Г. Л. Петушкова*

ИБ № 6060

Сдано в набор 17.07.86. Подписано в печать 11.12.86. Т—24711. Формат 60×90<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага книжно-журнальная. Гарнитура Литературная. Печать высокая. Усл.-печ. л. 14,5.  
Усл. кр.-отт. 14,75. Уч.-изд. л. 16,0. Тираж 7800 экз. Заказ 1928/277—6. Цена 60 коп.

Ордена «Знак Почета» издательство «Недра».  
125047, Москва, пл. Белорусского вокзала, 3.

Московская типография № 4 Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР  
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли  
129041, Москва, Б. Переяславская ул. 46.