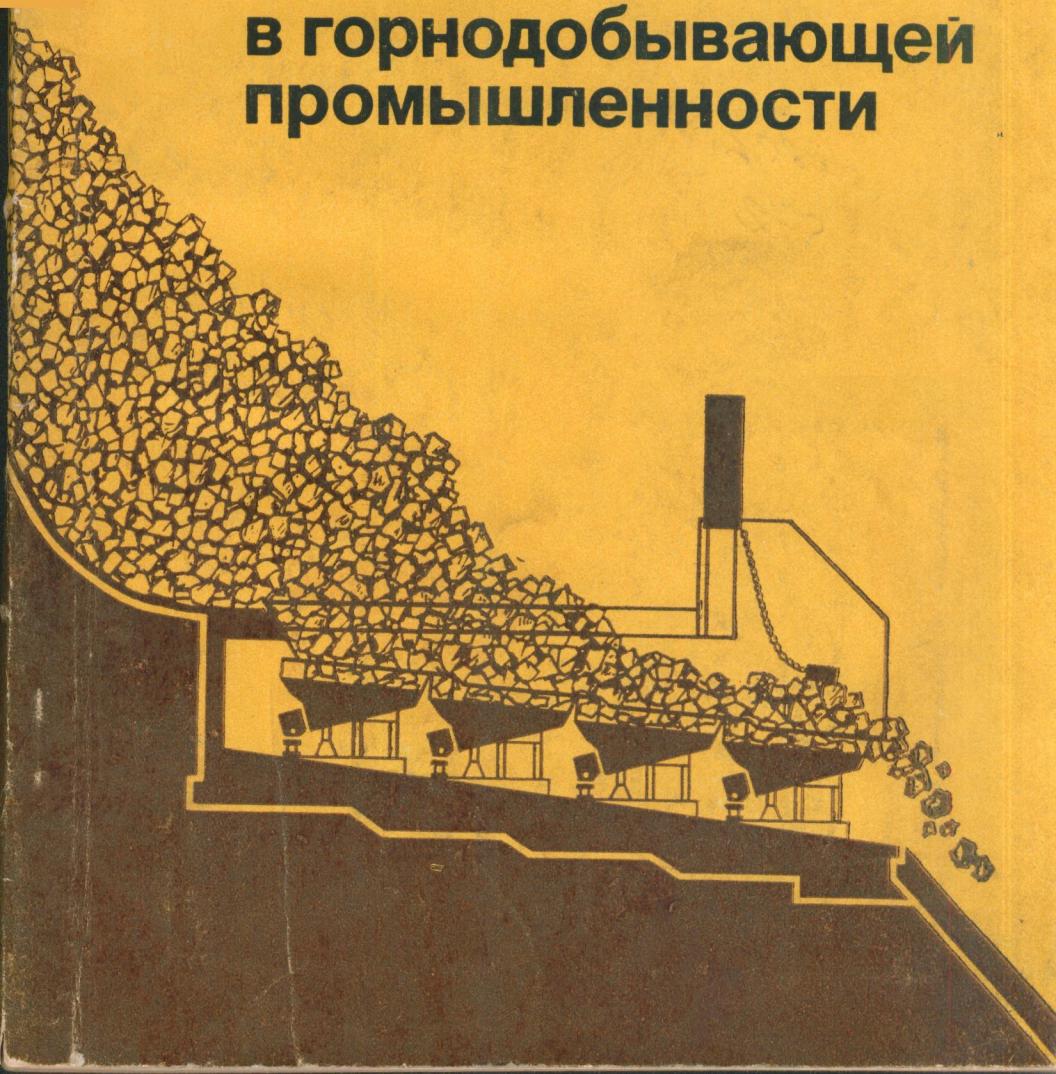


622.6
С42
А.О. СПИВАКОВСКИЙ
И.Ф. ГОНЧАРЕВИЧ

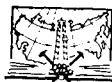
СПЕЦИАЛЬНЫЕ ТРАНСПОРТИРУЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

**в горнодобывающей
промышленности**



**А.О. СПИВАКОВСКИЙ
И.Ф. ГОНЧАРЕВИЧ**

СПЕЦИАЛЬНЫЕ ТРАНСПОРТИРУЮЩИЕ УСТРОЙСТВА в горнодобывающей промышленности



МОСКВА «НЕДРА» 1985

ТЕХНИЧЕСКАЯ БИБЛИОТЕКА

Читинского филиала

„ВНИИГорцветмет“

Спиваковский А. О., Гончаревич И. Ф. Специальные транспортирующие устройства в горнодобывающей промышленности. М., Недра, 1985, 128 с.

Рассмотрены некоторые виды специальных (нетрадиционных) транспортирующих устройств, а также устройств с экстремальными параметрами, дана их оценка с точки зрения дальнейшего развития в промышленности. Описаны новые виды и уникальные установки ленточных конвейеров, высокопроизводительных и специальных типов вибрационных конвейеров и питателей, карьерных ковшовых подъемников, шахтных ленточных ковшовых экскаваторов, канатно-подвесных дорог, а также специальных видов установки, таких, как пневмоскиповый шахтный подъем, контейнерный пневмотранспорт.

Для инженерно-технических работников, занятых эксплуатацией, проектированием и конструированием транспортирующих устройств в горнодобывающей промышленности.

Табл. 1. ил. 51, список лит.—34 назв.

Рецензент — д-р техн. наук, проф. *Л. Г. Шахмейстер* (Московский горный институт)

ПРЕДИСЛОВИЕ

Основными направлениями экономического развития СССР на 1981—1985 годы и на период до 1990 года, утвержденными на XXVI съезде КПСС, предусмотрено значительное увеличение выпуска горнотранспортных машин непрерывного действия большой производительности. С этой точки зрения представляет интерес оценить современное состояние и перспективы развития новых прогрессивных видов специальных транспортирующих устройств для горнодобывающей промышленности.

Транспортирование массовых насыпных грузов в горной и ряде других отраслей промышленности представляет собой быстро развивающуюся отрасль техники с большим числом появляющихся технических новинок. Параллельно с этим улучшаются параметрические характеристики транспортирующих устройств, их производительность, протяженность, углы наклона, форма в плане и в пространстве.

Из средств транспорта массовых насыпных грузов в последнее время все чаще отдается предпочтение непрерывно действующим видам, которые, по сравнению с циклично действующими видами транспорта, характеризуются автоматизмом действия и равномерной загрузенностью.

Вместе с тем в противоположность циклическим видам транспорта, где груз между начальным и конечным пунктами перемещается отдельными порциями (вагон, вагонетка, самосвал и пр.), длина устройств непрерывного действия равна всей протяженности (трассы), что, естественно, ограничивает область их применения в части возможных расстояний транспортирования. Не все виды грузов (абразивные, влажные и пр.) могут перемещаться средствами непрерывного транспорта. Указанные обстоятельства формируют тенденцию к возрастанию длины непрерывных (или циклических, но автоматически действующих) средств транспорта и к увеличению их производительности в соответствии с потребностями промышленности, ростом масштабов промышленных предприятий и потребностями производства в перемещении грузов с разными свойствами. Это нетрадиционные, нередко основанные на новых принципах виды транспортирующих устройств, например конвейерные поезда, тележечные конвейеры, средства контейнерного трубопроводного транспорта и пр.

В некоторых новых типах транспортирующих установок, таких, например, как вибрационные и волновые, процесс перемещения грузов совмещается с их одновременной технологической обработкой (классификацией по крупности, сушкой, обеспыливанием и пр.).

Авторы рассмотрели некоторые виды специальных (нетрадиционных) транспортных устройств, а также установок с экстремальными параметрами с целью выявления перспектив дальнейшего развития и применения в горной промышленности.

1. ЛЕНТОЧНЫЕ КОНВЕЙЕРЫ

1.1. Уникальные ленточные конвейерные установки

В решении проблем снижения энергоемкости, материалоемкости и экономии трудовых ресурсов немалую роль может сыграть создание и применение особо мощных и протяженных ленточных конвейеров. В связи с тем, что в нашей стране достигнут достаточно высокий уровень конвейеризации шахтного и карьерного транспорта, ведутся большие работы по созданию установок повышенной мощности, представляет интерес мировой опыт создания и применения особо крупных конвейерных установок.

Из новых мощных ленточных конвейерных установок заслуживает внимания наклонный подъем угольной шахты «Селби» (Великобритания). Шахтное поле вскрыто на ней пятью вертикальными стволами разной глубины, предназначенными для вентиляции и для спуска-подъема материалов и людей. Для выдачи угля на поверхность служат два конвейера, рассчитанные каждый на полную производительность шахты и расположенные в параллельных наклонных стволах,— один ленточный традиционного типа и другой ленточно-канатный.

Производительность шахты 10 млн. т/год, наибольшая глубина 1000 м, средний угол наклона стволов 14° , длина конвейеров в одном ставе, включая горизонтальный участок от ствола до обогачительной фабрики,— около 15 км [1].

На разных горизонтах уголь аккумулируется в бункерах, расположенных вблизи от наклонного подъема, и питателями подается на конвейер. Производительность конвейера при погрузке на него на наиболее глубоком горизонте 1800 т/ч и на наименее глубоко 3200 т/ч.

Ширина ленты ленточного конвейера 1300 мм; скорость ленты автоматически регулируется в зависимости от нагрузки (наибольшая скорость 8,3 м/с). Лента резинотросовая, прочность на разрыв 8000 Н/мм ширины. Роликоопоры верхней ветви трехроликовые, с углом наклона боковых роликов 30° , роликоопоры нижней ветви желобчатые двухроликовые. Длина поставляемых на шахту отрезков ленты 400 м, масса 40 т. Отрезки ленты соединяются вулканизацией на стационарной установке, расположенной близ устья шахты.

Привод однобарабанный, с цельнолитым барабаном диаметром 2674 мм, к которому с двух сторон без редукторов присоединены двигатели постоянного тока мощностью по 5050 кВт.

Период пуска конвейера во избежание значительных динамических нагрузок на ленту составляет 4—5 мин.

Грузовое натяжное устройство расположено у привода на сбегавшей ветви ленты. Натяжной груз подвешен в пройденном в почве колодце.

Ленточно-канатный конвейер характеризуется следующими данными: производительность 2700 т/ч, ширина ленты 1050 мм, регулируемая автоматически при помощи тиристорного преобразователя скорость — до 7,6 м/с, мощность двух двигателей постоянного тока по 4375 кВт, диаметр стальных оцинкованных канатов 57 мм. В механизм привода включена дифференциальная передача для компенсации отклонений в натяжении канатов и диаметра шкивов трения.

Известно основное правило монтажа ленточных конвейеров — сохранение строгой прямолинейности их оси в плане. Однако практика эксплуатации нескольких построенных в последнее время ленточных конвейеров с осью, искривленной в плане по большому радиусу, показала возможность их успешного применения. Конвейеры с искривленной осью применяются, если между начальным и конечным пунктами транспортирования имеется по местным условиям какое-либо препятствие для проведения прямолинейной трассы, например высокая гора, водоем и пр., а использование других средств транспорта нерентабельно или даже практически невозможно. В этом случае один криволинейный конвейер может заменить несколько последовательно установленных по периметру в обход препятствия отдельных конвейеров с их приводами, натяжными устройствами, перегрузочными пунктами с конвейера на конвейер и необходимостью очистки ленты на каждом перегрузочном пункте и уборки продуктов очистки. Чтобы лента под действием натяжения не сбегала с роликоопор, радиус закругления конвейера должен быть достаточно велик и тем больше, чем шире лента и сильнее она натянута. Поэтому на одном криволинейном конвейере могут быть приняты радиусы разной величины, большей в зоне повышенного натяжения ленты.

Самый длинный криволинейный конвейер был построен и пущен в эксплуатацию в 1980 г. в Новой Каледонии для доставки никелевой руды с расположенного в горах рудника к морскому порту для погрузки на суда. Конвейер длиной 11,1 км имеет восемь изгибов в вертикальной плоскости и четыре — в горизонтальной (рис. 1). Начальный пункт конвейера на руднике расположен на высоте 567 м, а конечный — в порту на высоте 10 м над уровнем моря, так что перепад высоты составляет 557 м. Общий уклон конвейера 0,05, т. е. больше коэффициента сопротивления качения ленты по роликоопорам (порядка 0,02), поэтому грузовая ветвь движется вниз под действием веса и передает движущую силу на порожняковую ветвь; натяжение грузовой ветви в верхней зоне больше, чем в нижней. Порожняковая ветвь поднимается вверх приводом, установленным на территории рудника, так что ее натяжение в верхней зоне тоже больше, чем в нижней. В соответствии с этим радиус кривизны уменьшается по ходу ленты, он принят в верхней части конвейера равным 2000 м, в средней 1500 м и в нижней 1100 м.

Данные, характеризующие конвейер [2]: расчетная производительность конвейера 560 т/ч, насыпная плотность руды 1,2 т/м³,

крупность от 0 до 80 мм с включением наиболее крупных кусков до 250 мм. Ширина ленты 800 мм, регулируемая по производительности скорость до 3,6 м/с, лента резиновая с разрывной прочностью 2500 Н/мм, запас прочности в ленте $K=5$, привод однобарабанный с установленной мощностью двигателя трехфазного переменного тока 800 кВт. При полной загрузке конвейера привод работает в генераторном режиме, при незагруженном конвейере потребляемая приводом мощность составляет 650 кВт.

Корпус конвейера представляет собой несущую роlikоопору: продольную трубу, опирающуюся на расположенные с шагом 9 м

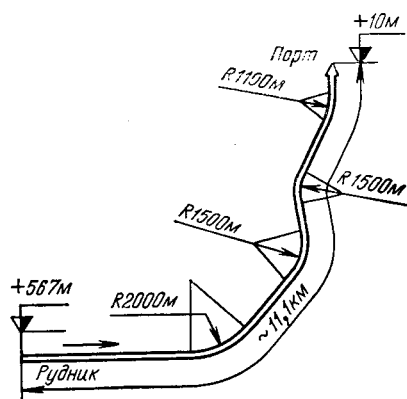


Рис. 1. Трасса изгибающегося конвейера с четырьмя изогнутыми участками

бетонные стойки (рис. 2). Трехроlikовые роlikоопоры установлены с переменным шагом, диаметр роlikов 133 мм, смазка закладная долгодействующая. Сверху и с боков став конвейера по всей длине закрыт стальными листами.

На конвейере установлена автоматическая аппаратура для контроля скорости и положения ленты, скольжения на приводном барабане, давления и температуры масла в редукторе, положения натяжного груза.

Самая протяженная конвейерная линия (длиной 100 км) была пущена в эксплуатацию около 10 лет назад в За-

падной Сахаре для транспортирования от карьера в порт фосфоритовой руды. Линия состоит из 11 последовательно установленных конвейеров длиной в зависимости от рельефа местности от 6,8 до 11,8 км. Перепад высоты от рудника до морского порта 213 м. Общая установленная мощность двигателей 19300 кВт. Ширина ленты 1000 мм, разрывная прочность 3150 Н/мм, скорость движения 4,5 м/с.

Став конвейера смонтирован из стандартных стальных профилей на стойках, опирающихся на бетонные шпалы, и перекрыт стальными листами, а в отдельных местах заключен в железобетонную трубу и закреплен на эстакадах. Роlikоопоры шарнирно-подвесного типа, трехроlikовые на грузовой ветви и двухроlikовые на порожняковой. Шаг роlikоопор принят необычно большим — 4 м на грузовой ветви и 8 м на порожняковой.

Для контроля состояния роlikоопор и выявления остановившихся роlikов вдоль каждого става перемещается тележка с механиком, снабженная акустическим детектором. Смена роlikоопор производится на ходу ленты.

Еще большей длины конвейерная магистраль (206 км) была

запроектирована для транспортирования железной руды от морского порта Роттердам (Нидерланды) до металлургических заводов г. Дюйсбурга в Рурском бассейне (ФРГ). При производительности 36 млн. т/год и расчетном числе рабочих часов 5000 в год производительность конвейеров составляет 7200 т/ч. Ширина ленты составляла 1400 мм, разрывная прочность — 6300 Н/мм. Ввиду кусковатости и большой насыпной плотности руды

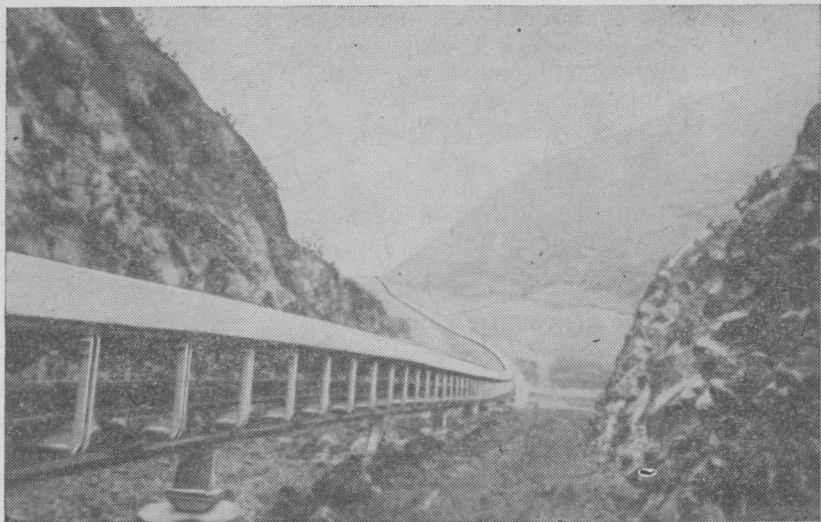


Рис. 2. Вид на изгибающийся конвейер со стороны рудника

(2,5 т/м³) принята относительно небольшая скорость ленты — 4,04 м/с.

Конвейеры запроектированы по двум вариантам:

1) с длиной става 7400 м, с головным двухбарабанным и хвостовым однобарабанным приводами с двигателями мощностью по 1500 кВт;

2) с длиной става 12500 м, с двухбарабанными головным и промежуточным приводами и однобарабанным хвостовым приводом с двигателями мощностью по 1400 кВт. Двигатели асинхронные с фазным ротором.

Расчетная стоимость доставки руды по второму варианту оказалась на 3% меньше, чем по первому, что при одинаковой для обоих вариантов стоимости ленты и ставов можно объяснить меньшим в 1,7 раза числом перегрузочных пунктов с конвейера на конвейер, соответственно меньшим числом натяжных устройств, а также уменьшением затрат на очистку ленты и уборку просыпи.

По сравнению с железнодорожным транспортом оба варианта признаны рентабельными, однако по конъюнктурным обстоятельствам они не были осуществлены.

Приводы мощных ленточных конвейеров komponуются обычно из типовых блоков — двигателя, гидромuфты, редуктора и барабана. Часто один барабан приводится в движение двумя расположенными по обе стороны от него двигателями. Мощность двигателей в приводных блоках зависит от производительности и длины конвейеров, составляя 630, 1000, 1500 и 2000 кВт. На конвейерах с особо большой длиной и шириной ленты (2800, 3000, 3200 мм) в отдельных случаях устанавливаются три приводных барабана, так что мощность одного привода достигает 12000 кВт. Масса такого привода 720 т. Передвижка этих приводов в карьерах производится специальными плоскими гусеничными тележками — трейлерами, подкатывающимися под корпус привода, поднимающими его с помощью гидравлических домкратов и переносщими на новое место работы. При ширине ленты 2800—3000 мм и скорости 7,5 м/с производительность таких конвейеров, входящих в комплекс роторный экскаватор — конвейер — отвалобразователь, составляет 940000 м³/сут, или 37500 м³/ч.

1.2. Специальные ленточные конвейеры

К специальным типам ленточных конвейеров относятся: ленточно-канатные, ленточно-тележечные, ленточные изгибающиеся, конвейеры с промежуточными приводами (в том числе привода трения и линейные асинхронные), безроликовые на воздушной и магнитной подушках, с лентой, движущейся скольжением по настилу, и др.

Ленточно-канатные конвейеры, появившиеся в начале 50-х годов, в настоящее время получили значительное распространение, в основном при не очень высокой производительности (обычно 2—3 млн. т/год, в отдельных случаях до 4,3 млн. т/год) и больших расстояниях перемещения. При тех же показателях производительности и длины ленточно-канатные конвейеры имеют меньшую массу, чем ленточные традиционного типа. Поскольку коэффициент трения качения туго натянутых проволочных канатов по блокам относительно большого диаметра меньше, чем коэффициент качения более гибкой ленты по роlikоопорам, ленточно-канатные конвейеры потребляют меньше электроэнергии, что особенно благоприятно сказывается при горизонтальном транспортировании. Если конвейерная трасса имеет участки, расположенные под углом друг к другу, так, что требуется перегрузка с ленты на ленту, то вследствие гибкости канатов во всех направлениях они с помощью отклоняющих блоков могут направляться на поворотной станции с участка на участок, в результате чего ломаная конвейерная линия может иметь один головной привод.

Ленточно-канатные конвейеры развиваются в направлении увеличения их длины в одном ставе, значительно превышающей наибольшую длину ленточных конвейеров. Так, для транспортирования бокситов из карьера в Западной Австралии построена

новая конвейерная линия из двух ленточно-канатных конвейеров длиной 29 и 19 км.

Теоретическим пределом в настоящее время считается длина одного става, равная 60 км. Ленточно-канатные конвейеры наиболее эффективны при большой длине из-за относительно недорогой линейной части. По мере совершенствования конструкции и накопления опыта эксплуатации ленточно-канатных конвейеров увеличивается ширина ленты до 1,3 м и повышается их рабочая скорость с 2 до 8 м/с. Совершенствуется и конструкция ленты — обычные поперечные рессоры заменены резиновой прослойкой с двумя слоями стальной проволоки и сетчатой ткани. Этим также достигается эластичность в продольном направлении. Долговечность такой ленты вдвое больше, чем ленты с рессорами.

В Советском Союзе построено и находится в эксплуатации несколько ленточно-канатных конвейеров относительно небольшой длины. В 1965 г. была введена в эксплуатацию и успешно работает конвейерная линия длиной около 7 км из двух последовательно установленных ленточно-канатных конвейеров на Алтын-Топканском свинцово-цинковом руднике. Конвейеры проложены по штольне, туннелям и частично на эстакаде; они работают на спуск груза со средним углом наклона 2,9°.

Ленточно-тележечный конвейер, изобретенный в СССР и впервые изготовленный около 10 лет назад институтом Гипроникель, показал достаточно высокие эксплуатационные качества как на подземных, так и на открытых горных разработках. Например, на Юкспорском руднике производственного объединения «Апатит» он применяется в качестве транспортного средства непрерывного действия для доставки по орту отбитой крупнокусковой руды с размером отдельных кусков 1000 мм и более, а также в качестве магистрального до рудоспуска.

На открытых разработках, на фосфоритовом карьере «Акса́й» производственного объединения «Каратау» при циклично-поточной технологии он используется в качестве подъемного от загружаемого самосвалами приемного бункера до поверхности карьера, а также по поверхности в системе транспорта до обогатительной фабрики.

Расположение конвейера в орте апатитового рудника показано на рис. 3. Конвейер состоит из двух замкнутых контуров грузонесущей и тяговой ленты и парных неприводных цепей с присоединенными к ним одноосными тележками, несущими дуговые траверсы, а также роlikоопор для порожняковой ветви ленты. При движении лента за счет трения увлекает цепной контур с тележками. Погрузка на ленту производится с двух сторон. Созданы и модификации ленточно-тележечного конвейера как крутонаклонного с подпорными элементами, так и карьерного передвижного, фронтально передвигаемого по мере продвижения экскаваторного забоя. При этом конвейер собирается из отдельных секций, соединенных между собой рельсами [3].

Как показали выполненные на одной из шахт Карагандинско-

го угольного бассейна экспериментальные исследования, ленточно-тележечный конвейер может быть также использован в качестве криволинейного с относительно небольшим радиусом изгиба. Боковой сдвиг ленты предотвращается повышенной силой трения о поверхность покрытых фрикционным материалом траверс (значительно большей, чем на вращающихся роликоопорах), а также закраинами траверс.

Ленточно-тележечный конвейер в виде криволинейного отрезка может быть вмонтирован в ленточный прямолинейный конвейер традиционного типа, если необходим его местный изгиб, что устраняет промежуточные перегрузки. Лента на таком конвейере

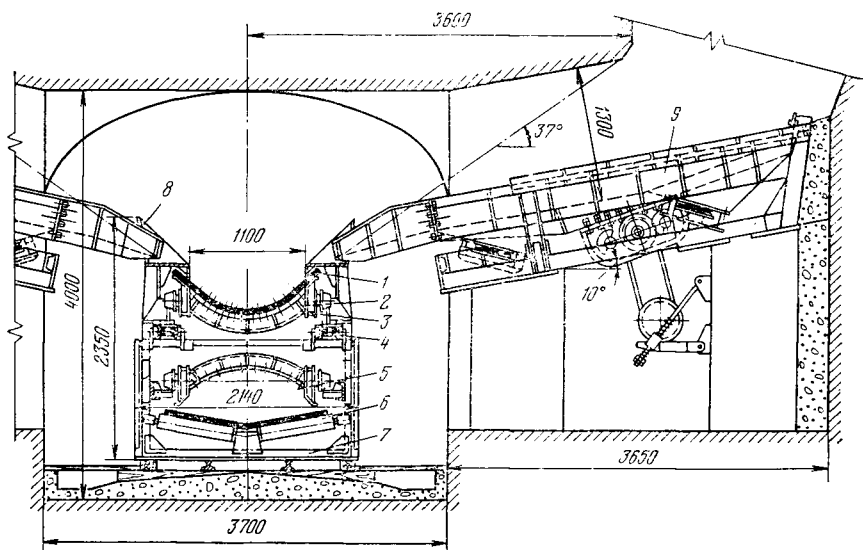


Рис. 3. Поперечное сечение по ставу ортового ленточно-тележечного конвейера:

1 — лента конвейера; 2 — дугообразная траверса с ходовыми катками (тележка); 3 — неприводные цепи; 4 — амортизирующие элементы под рельсами в местах погрузки; 5 — амортизирующие элементы на траверсах; 6 — роликоопоры для нижней ветви ленты; 7 — металлоконструкция конвейера; 8 — ограждающие направляющие борта; 9 — вибротолкатель

переходит в начале криволинейного участка с роликоопор на траверсы и в конце участка с траверс на роликоопоры.

Экспериментальный образец весьма своеобразной конструкции конвейера, представляющего собой как бы «технический гибрид» ленточно-тележечного и ленточно-канатного конвейеров, разработан в США. От ленточно-тележечного конвейера взята лежащая на дугообразных траверсах лента, от ленточно-канатного — парные канаты с закрепленными на них траверсами, катящимися по стационарным блокам. Специальный способ крепления к канатам траверс не препятствует ни качению их по блокам, ни огибанию на головной и хвостовой станциях шкивов. Тяговым органом на

таких конвейерах может служить лента или канаты либо те и другие вместе.

Ленточные конвейеры с промежуточными приводами применяются в тех случаях, когда прочность конвейерной ленты недостаточна для обеспечения транспортирования на необходимое расстояние. Рассмотрим возможности применения промежуточных приводов на примере конвейерной линии, осуществляющей подъем крупнодробленой руды и действующей на Криворожской шахте № 2 им. Артема. Подъем этой шахты состоит из восьми последовательно установленных ставов с семью погрузочными пунктами. Недостатки таких транспортных систем: короткие сроки службы ленты; трудоемкость требующейся систематически на перегрузочных пунктах выполняемой вручную уборки продуктов очистки ленты и просыпи; повышенный травматизм; пылеобразование и пр. К ним в данном случае при расположении подъема в наклонном стволе добавляется высокая стоимость прохождения, крепления и оборудования в местах расположения промежуточных пунктов, имеющих большой объем подземных камер.

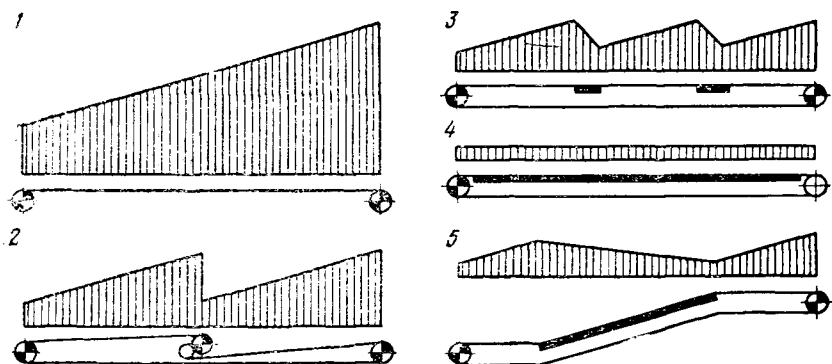


Рис. 4. Диаграммы натяжения ленты на грузовой ветви конвейеров с промежуточными приводами

На рис. 4 приведена диаграмма натяжения ленты на грузовой ветви для разных видов приводов. На диаграмме 1 представлено натяжение ленты при отсутствии промежуточных приводов и при передаче на ленту движущейся силы двумя концевыми приводами — хвостовой (левый) привод передает движущую силу на порожняковую ветвь конвейера, головной — на грузovou. Натяжение ленты на грузовой ветви, по величине которого определяются ее размеры, достигает максимума в точке набегания на головной привод.

На схеме 2 приведена диаграмма натяжения ленты на грузовой ветви, на которой посередине установлен промежуточный барабанный привод. Как видно из диаграммы, натяжение ленты на грузовой ветви имеет два максимума, причем и тот и другой примерно вдвое меньше, чем в предыдущем случае. Однако схема

эта имеет недостатки — добавочный S-образный изгиб ленты и ссыпание груза на ленту с первого участка на второй.

На схеме 3 приведена диаграмма натяжения ленты при установке двух промежуточных линейных, т. е. расположенных на некоторой длине конвейера, приводов (условно показаны толстой чертой). Натяжение ленты имеет три одинаковых максимума, каждый из которых меньше, чем в предыдущем случае.

Если линейный привод расположен по всей длине конвейера (схема 4), натяжение ленты минимально.

Для примера на схеме 5 показана диаграмма натяжения ленты для конвейера, имеющего горизонтальные участки по обе стороны наклонного участка с движением вверх, а также для линейного привода, установленного на наклонном участке и передающего на ленту тяговую силу, превышающую силу сопротивления на наклонном участке. В этом случае натяжение ленты на наклонном участке уменьшается, и оно имеет два максимума в конце горизонтальных участков.

Как следует из предыдущего, промежуточные приводы могут быть с местным приложением движущей силы и с распределением ее на некотором участке или по всей длине конвейера.

Фрикционный привод сосредоточенного действия состоит из двух пар автомобильных колес, из которых верхние — нажимные и нижние — приводные, и ролика, воспринимающего давление. Верхняя ветвь ленты грузовая и нижняя порожняковая, так что движущая сила передается на обе ветви ленты. Для передачи требуемой движущей силы W необходима сила прижатия $P = W : f$, где f — коэффициент сцепления (трения) между лентой и поверхностью колес, т. е. сила прижатия должна быть больше передаваемой движущей силы. Основные недостатки этого привода, вследствие которых он не получил распространения, практическая трудность предупреждения бокового схода ленты и сохранения прямолинейности ее движения, а также потребность в специальной ленте с усиленными краями.

Основной тип промежуточного фрикционного привода — линейный фрикционный в виде приводного ленточного контура, установленного внутри между грузовой и порожняковой ветвями и опирающегося на те же роlikопоры, на которых расположены грузовая и порожняковая ветви конвейерной ленты. Сила прижатия создается весом грузовой ленты и груза. Такая система привода требует непрерывной и равномерной подачи на конвейер груза, так как если груз отсутствует над приводным контуром и имеется на остальных участках конвейера, то сила трения, создаваемая на промежуточном приводе, может оказаться недостаточной, чтобы стронуть с места конвейер.

Рассмотренные промежуточные приводы передают на конвейерную ленту движущую силу трением. Ведутся работы по использованию на промежуточных приводах электродвижущей силы, создаваемой короткозамкнутыми линейными асинхронными двигателями (ЛАД), представляющими собой как бы развернутый на

плоскости статор асинхронного двигателя. Эта часть двигателя неподвижна (статор), и по ее обмотке протекает переменный ток, создающий переменное поле. Если в непосредственной близости от развернутой обмотки находится обладающий магнитной и электрической проводимостью ротор (в данном случае специальная конвейерная лента), то в нем наводится ЭДС и возникает направленная вдоль ленты движущая сила.

Два варианта размещения ротора и статора ЛАД на ленточном конвейере приведены на рис. 5. Лента состоит из гибкой металлической основы 1 с резиновыми обкладками 2. Статор 3 размещается в первом случае посередине ленты и во втором — по краям. Статор 3 может быть односторонним (рис. 5,а) или двусторонним (рис. 5,б). Расстояние по длине конвейера между ЛАД

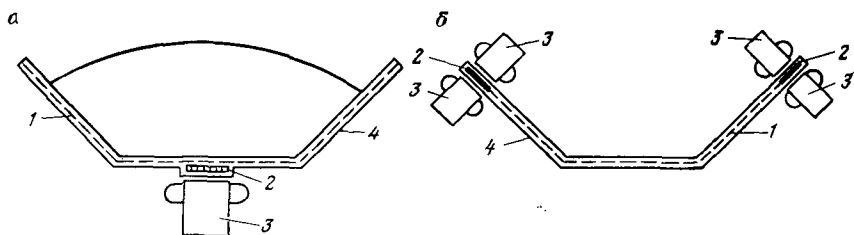


Рис. 5. Поперечное сечение по ленте конвейера с линейными асинхронными двигателями (ЛАД):

1 — гибкая металлическая основа ленты; 2 — «ротор» («роторы»); 3 — «статор» («статоры»); 4 — резиновые обкладки ленты

определяется необходимыми движущей силой и продольной прочностью ленты.

Ленточные безроликовые конвейеры. С целью упрощения става конвейера и исключения роликоопор ведутся работы по созданию и усовершенствованию безроликовых ленточных конвейеров, причем поиск ведется в двух направлениях — с лентой, скользящей по настилу, и с лентой, поддерживаемой над настилом воздушной или магнитной прослойкой.

Для создания плоского желобчатого настила применяются специальные антифрикционные, износостойкие облицовки. Опоры скольжения используются обычно на коротких конвейерах при необходимости уменьшения их поперечных размеров, например, в шахтах на перегружателях, применяемых в узлах сопряжения лавы со штреком, в качестве передаточных на технологических агрегатах на открытых разработках, в ортах рудных шахт при перемещении особо крупнокусовой руды и пр.

При эксплуатации конвейеров с лентой на опорах скольжения существенное значение имеют тепловой режим их работы, поддержание в определенных пределах температуры опор и самой ленты, возрастающей из-за действующих между ними сил трения. Для этого желоб, в котором движется лента, облицовывают специаль-

ными плитками из износостойких и теплостойких материалов с невысоким коэффициентом трения, к которым относятся, например, фторопласт, шлакоситал и др.

Как показали экспериментальные исследования, от температуры опор скольжения в наибольшей степени зависит степень их износа, которая, в свою очередь, связана с увеличением удельной нагрузки и рабочей скорости ленты. Практически для разных пар трения температура на поверхности опор находится обычно в пределах 30—100°С.

Коэффициент трения ленты о специальные опоры скольжения, измеренный на конвейере в угольной шахте, составлял 0,15—0,21, т.е. был примерно в 5—7 раз выше, чем на конвейере с роликоопорами в тех же условиях.

Ведутся также работы по созданию безроликового конвейера на магнитной подушке. В ленту такого конвейера включается слой магнитоэласти, полученного введением в резину феррита бария, а на поверхности желоба укладываются плиточные магнитные опоры с переменной полярностью.

Другой вид ленточных безроликовых конвейеров — с лентой, движущейся на образующей подушке воздуха под ее

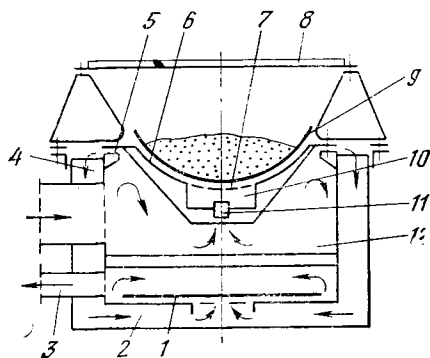


Рис. 6. Поперечное сечение по конвейеру с лентой на воздушной подушке

несущую поверхность воздушной подушке. Этот вид конвейера характеризуется меньшими коэффициентом сопротивления движению ленты и ее износом, но требует установки вентилятора. Одна из конструкций такого конвейера, созданного по проекту Ленинградского института водного транспорта, показана на рис. 6. Верхняя грузовая ветвь ленты 9 образует лотковую форму в направляющем ее желобе, нижняя порожняковая ветвь движется вдоль плоской опорной поверхности. Воздух вентилятором вдувается в расположенный между ними продольный раздаточный воздухопровод 12, через дросселирующие отверстия 11 попадает в камеру грузовой ветви ленты 10 и, проходя через перфорированные перегородки 7, образует между лентой и желобом, поддерживающим ее, воздушный зазор 6. Просочившийся через края ленты воздух попадает в боковые щели 5 и по каналам 4 втекает в камеру 2 под порожняковой ветвью ленты 1, поддерживает ее, выходит в камеру над ней и отводится вонне выхлопным патрубком 3. Желоб грузовой ветви закрыт сверху крышкой 8. Грузовая ветвь ленты поднимается над поверхностью желоба на 1—1,5 мм.

Установка конвейера на воздушной подушке показана на рис. 7.

Рис. 7. Установка конвейера с лентой на воздушной подушке

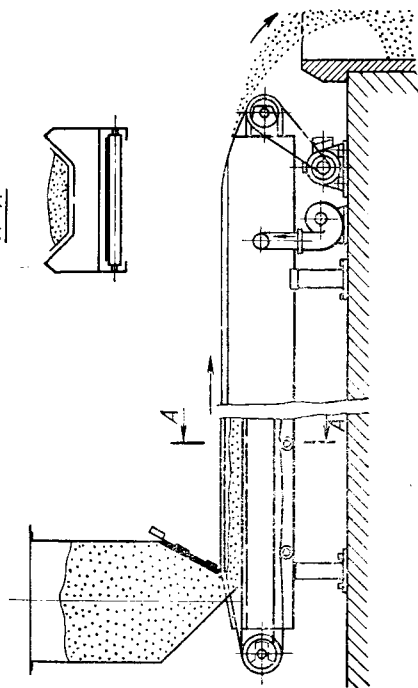
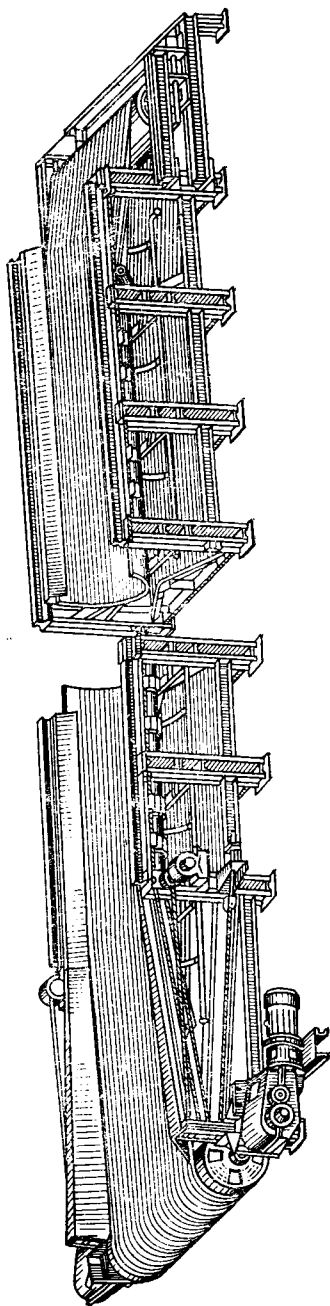


Рис. 8. Ленточный безроликовый конвейер с жидкой смазкой под грузовой ветвью



Воздух вдувается в камеру с перфорированной верхней стенкой, образующей желоб для грузовой ветви ленты. Отработанный воздух через края ленты выходит в атмосферу. Порожняковая ветвь движется на роликоопорах.

К преимуществам конвейеров на воздушной подушке относятся плавность (без изгиба на роликах) хода ленты и возможность работы с повышенными скоростями движения, к недостаткам — повышенный расход энергии, ограничения по крупности кусков перемещаемого груза и повышенные требования к равномерности подачи груза на ленту. При крупных кусках груза или сосредоточенных нагрузках на ленте воздушная прослойка нарушается и лента движется в этих местах по желобу трением скольжения.

Создана также конструкция ленточного безроликового конвейера с жидкой смазкой трущихся поверхностей, предназначенного для доставки взорванной крупнокусковой рудной массы от дучек блока, оборудованных для выпуска руды вибрационными питателями (рис. 8). Для обеспечения необходимой гибкости ленты при прохождении крупных кусков жесткий желоб на таком конвейере

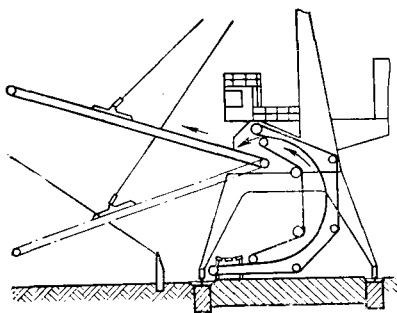


Рис. 9. Двухленточный конвейер С-образной формы

был заменен ленточным. Лента желоба краями подвешивалась к стаму конвейера. Первоначально применялась резинотканевая лента и смазка производилась водой со свободным сливом из желоба у приводной станции, однако при этом возникало явление адгезии, коэффициент трения возрастал с 0,5 до 1 и движение ленты происходило рывками. Замена резинотканевой ленты резинотросовой и водяной смазки суспензией на основе воды и серебристого графита обеспечило снижение коэффициента сопротивления до 0,4—0,55 и плавный ход ленты.

Была создана также конструкция двухленточного конвейера с изогнутой по дуге конфигурацией (рис. 9), служащего для подъема насыпного груза на небольшую высоту. Каждый изогнутый ленточный контур имеет свой привод и натяжное устройство. Грузовая ветвь первого внутреннего контура движется по расположенным по дуге и близко составленным роликоопорам. Второй внешний контур, на ленту которого производится погрузка, охватывает грузовую ветвь и удерживает находящийся между лентами слой насыпного груза. Конвейеры этого типа строятся в двух исполнениях:

1) с желобчатыми трехроликовыми роликоопорами и гладкими лентами и 2) с однороликовыми роликоопорами и с синтетическими лентами (из флексовела) с гофрированными бортами, входящими один в другой и образующими как бы закрытую изог-

нутую трубу прямоугольного сечения, в которой зажат слой груза. При скорости движения ленты до 5 м/с достигается производительность до 10 тыс. м³/ч.

1.3. Элементы ленточных конвейеров

Освоение резиновых конвейерных лент способствовало расширению области применения конвейерного транспорта на большие грузопотоки и расстояния. Нормами предусматривается выпуск таких лент шириной до 2400 мм (в отдельных случаях до 3000—3200 мм) и продольной прочностью до 6000 Н/мм ширины (в отдельных случаях до 8300—10000 Н/мм ширины). Создание резиновых лент еще большей продольной прочности ограничивается главным образом несоразмерно большой длиной вулканизированных стыковых участков при соединении отдельных составляемых отрезков ленты.

Создание особо прочных и гибких синтетических волокон для каркаса резинотканевых лент знаменует собой новый этап в развитии конвейерного транспорта при средней и большой производительности и длине транспортирования. По сравнению с резиновыми новые синтетические ленты обладают значительно меньшей массой при той же прочности, более прочным соединением каркаса с обкладками (меньшая опасность расслоения), большей продольной гибкостью и потому возможностью применения барабанов меньшего диаметра, возможностью замены вулканизации быстро включаемыми «механическими» соединениями концов лент. Вследствие более равномерного распределения давления на огибаемых барабанах синтетические ленты имеют меньшую толщину нижней обкладки. Ленты с синтетическим каркасом выпускаются в жаростойком исполнении и допускают без потери прочности более низкие температуры.

В лентах этого типа, выпускаемых одно-, двух- и многоосновными, корды, сплетенные из синтетических образующих основу ленты волокон, укладываются в один, два или большее число рядов и соединяются между собой переплетением нити утка, образуя цельный нерасслаивающийся каркас. Благодаря меньшей толщине и массе такие ленты могут иметь большую длину при поставке в бухтах, следовательно, меньшее число стыков при той же длине конвейера.

Одноосновная лента «Фенопласт», выпускаемая фирмой «Фенер» (Великобритания), характеризуется следующими техническими данными:

Прочность на растяжение, Н/мм	400	1000	2500
Толщина, мм	7,0	9,3	14,0
Диаметр приводного барабана, мм	250	630	1250
Масса, кг/м ²	8,4	11,5	17,5

Выпускаемые за рубежом конвейерные ленты на синтетической основе марок «Кевлар» и «Трелламид» [4] имеют прочность на

растяжение в 4—5 раз большую, чем сталь, и модуль упругости, близкий по значению модулю упругости стали. Изготавливаемые с каркасом из этих материалов ленты имеют ширину до 2000 (2500) мм и прочность на разрыв от 630 до 3600 Н/мм ширины.

Ниже приводятся сравнительные данные по резинотросовым лентам и лентам «Трелламид» с каркасом, имеющим одинаковую прочность на разрыв (2000 Н/мм ширины) и суммарную толщину обкладок (10 мм).

	Резинотросовая лента	Лента с каркасом «Трелламид»
Диаметр тросов (толщина корда), мм . .	5,8	1,8
Расстояние между тросами (кордовыми прокладками), мм	12	2,2
Толщина обкладок, мм:		
верхней	5	7
нижней	5	3
Масса, кг/м ²	28	16

Таким образом, лента «Трелламид» с каркасом имеет при одинаковых прочности и суммарной толщине обкладок в 1,75 раз

меньшую массу, что особенно существенно для наклонных конвейеров. Кроме того, при одинаковой суммарной толщине обкладок синтетическая лента может иметь верхнюю обкладку большей толщины.

Есть предположение, что такие ленты окажутся в целом экономичнее в эксплуатации, чем резинотросовые, и будут постепенно их вытеснять.

Соединение конвейерных лент. Соединение отрезков конвейерной ленты трудоемким способом вулканизации все более успешно заменяется механическим способом с помощью шарнирных крючковых зажи-

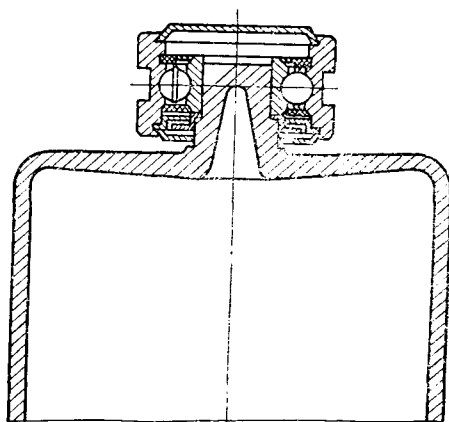


Рис. 10. Ролик ленточного конвейера

мов. Соединение этого рода применяется для лент с продольной прочностью от 400 до 800 Н/мм и толщиной от 7 до 13 мм и с продольной прочностью от 800 до 1600 Н/мм и толщиной от 10 до 15 мм. Соединение такого рода особенно надежно при лентах с прокладками, имеющими усиленный уток. Ширина лент, на которых может применяться механический способ соединения, — до 1200 мм. Для выполнения операции соединения, отнимающей по фирменным данным всего 15—20 мин, выпускается специальное оборудование — стяжки и клещевые зажимы массой не более 25 кг.

Ролик. Конвейерные ролик (рис. 10) являются весьма ответ-

ственной деталью ленточных конвейеров. Количество их на конвейере средней и большой длины составляет сотни и тысячи штук. Требования к конструкции роликов весьма велики, невращающийся ролик изнашивает ленту и может служить причиной серьезной аварии.

Установившийся в последнее время конструктивный тип ролика состоит из следующих элементов: обечайки из стальной трубы, невращающейся оси, заделанных в обечайку фланцев, шариковых подшипников с лабиринтными и установочными кольцами, крышек. Появившийся у нас в последние годы новый тип ролика [5] не имеет сквозной оси, обечайка составляет одно целое с завальцованными фланцами и цапфами, вращающимися в шарикоподшипниках с внешними невращающимися кольцами, имеющими прорезы для установки в опорных кронштейнах роликоопор. Роликоопоры изготавливаются со смещенными средним и боковыми роликами. Шарикоподшипники защищены с внешней стороны глухими крышками, с внутренней — лабиринтом. Сравнительные характеристики роликов нового и прежнего (традиционного) типов приведены ниже.

	Тип ролика	
	прежний	новый
Средний срок службы, лет	1,5(3)	5
Средняя энергоемкость в год, кВт·ч	33	22
Число составных частей ролика	18	3
Число технологических операций при изготовлении ролика	19	9
Масса, кг:		
ролика	6,6	5,2
вращающихся частей	4,1	2,7
Стоимость оборудования для изготовления роликов (при масштабе производства 200 тыс. шт. в год) . . .	462	122

Таким образом, выпуск роликов нового образца при существующих и перспективных масштабах их производства дает большую экономию при использовании оборудования, расходовании металла и электроэнергии.

Привод. Одна из основных особенностей привода современных высокопроизводительных ленточных конвейеров — автоматическое регулирование скорости ленты. В зависимости от количества поступающего на конвейер насыпного груза подается команда на привод — ускорить, замедлить или сохранить постоянной скорость ленты. Регулированием скорости ленты достигаются две цели — экономия электроэнергии и повышение срока службы.

Из-за большой неравномерности работы механических агрегатов, производящих погрузку на транспортную конвейерную систему, расчетная приемная способность конвейеров принимается по максимальной нагрузке, т. е. значительно выше средней, и конвейерные системы работают, как правило, с недогрузкой. Это приводит к высокой по отношению к средней оборачиваемости ленты, а следовательно, повышенному износу и излишним затратам энергии. Наиболее благоприятный режим работы конвейеров —

равномерная полная нагруженность ленты и соответственно этому отрегулированная скорость ленты.

Скорость ленты регулируется одним из двух способов — изменением частоты вращения двигателя (основной способ на крупных установках) и с помощью муфты скольжения, например гидравлической или дисковой. В последнее время усовершенствованные дисковые муфты получают все большее распространение. Они набираются поочередно из вращающихся и неподвижных дисков, покрытых тонкой пленкой масла. Возникающее между ними явление адгезии обеспечивает передачу больших моментов.

На крупных установках встречаются также безредукторные системы приводов, примером чего служит привод шахты «Сельби» (Великобритания) с регулируемой частотой вращения от 6 до 60 об/мин. На приводе установлен усовершенствованный преобразователь, преобразующий трехфазный ток в постоянный, питающий двигатель. Частота вращения на двигателе изменяется переключением полюсов. Запуск конвейеров выполняется с незначительным ускорением, ограничивающим усилия в ленте.

2. КОНВЕЙЕРНЫЕ ПОЕЗДА

Конвейерный тележечный поезд состоит из шарнирно соединенных между собой одноосных тележек, образующих участок лоткового конвейерного полотна, движущегося по рельсам с помощью стационарных приводов. Приводы устанавливаются вдоль рельсового пути на расстоянии друг от друга, меньшем длины поездов, так что каждый поезд входит в соединение с последующим по ходу соседним приводом прежде, чем выходит из соединения с предыдущим. На участках пути тяжелого профиля (подъемы, закругления), а также в случае очень длинных поездов расстояние между приводами уменьшают. Приводы работают с периодическим включением, производимым автоматически самим поездом. При проходе очередного поезда привод автоматически выключается. Часть поезда, находящаяся впереди привода, движется с повышенным сопротивлением на ребрах колес и, следовательно, с повышенным износом.

По конструкции конвейерного полотна конвейерный поезд близок к пластинчатому или ленточно-тележечному конвейеру, по типу приводных устройств — к конвейерам с промежуточными приводами, но существенно отличается от тех и других тем, что имеет длину, значительно меньшую расстояния транспортирования. По принципу циклического движения конвейерный поезд сходен с обычными локомотивными поездами, но отличается от них отсутствием подвижного двигателя (локомотива) и наличием вместо отдельных вагонов (вагонеток) сплошного конвейерного полотна.

Погрузка на конвейерный поезд производится таким же способом, как на конвейер, — с помощью бункера с питателем при замедленном прохождении под ним поезда, разгрузка — либо огиба-

нием головных блоков, либо поворотом несущего полотна на 90° на спиральных направляющих.

Привод конвейерных поездов является объектом усиленного теоретического и экспериментального поиска; он может быть контактного и бесконтактного типов. Контактный привод основан на передаче на поезд движущей силы зацеплением или трением, бесконтактный — электрическим индукционным воздействием или воздействием воздушной или водяной струи (турбинный способ).

Передача движущей силы зацеплением в принципе возможна при закреплении под днищем тележек зубчатой или цевочной рейки и установке стационарно на некотором расстоянии друг от друга приводных звездочек, входящих в зацепление с рейкой («обращенная» схема зубчатой железной дороги, например, фуникулера). Однако из-за люфтов между тележками (перекрытыми сверху резиновыми накладками) правильность зацепления звездочки с такой рейкой не может быть обеспечена, поэтому данный тип привода не нашел применения.

В случае фрикционного привода сила прижатия рабочего органа к тележкам поезда возможна двумя способами — механическим и магнитным.

Экспериментальная установка конвейерного поезда с механическим приводом фрикционного типа построена и испытана на московском экспериментальном заводе «Красный блок» ВНИИПТМАШа. Грузовые элементы (тележки) поезда выполнены в виде глубокого желоба, покрытого конвейерной лентой, или металлических емкостей с зазорами между их торцовыми стенками. Для загрузки питателем непрерывного действия емкости оборудуются козырьками, перекрывающими между ними зазоры. Разгрузка производится на бок поворотом тележек относительно продольной оси. Приводы представляют собой две расположенные в горизонтальной плоскости бесшарнирные гусеницы, состоящие из плоских приводных ремней, зажимающих свободно закрепленные вертикально под тележками листы.

Техническая характеристика установки: расчетная производительность до 2000 т/ч, ширина колеи 750 мм, скорость движения поездов от 2 до 6 м/с, тяговое усилие привода 11—40 кН.

Вследствие недостаточной величины коэффициента трения резины по металлу, резко снижающегося при попадании на рабочие поверхности влаги и грязи или при обмерзании, нормальная сила прижатия гусениц к листам должна во избежание пробуксовки многократно превышать передаваемую силу тяги. Это недостаток рассматриваемого привода фрикционного типа.

В Донецке был создан конвейерный поезд (КП-65) с гусеничным магнитофрикционным приводом для транспортирования складочных и вспомогательных материалов по вентиляционным выработкам угольной шахты с крутыми пластами к местам закладки выработок. Приводы состоят из пневмомотора, редуктора и двух бесконечно замкнутых втулочно-роликовых цепей с закрепленными на них магнитными блоками.

Став конвейерного поезда аналогичен ставу серийного пластинчатого конвейера П-65 и может передвигаться по прямолинейным и криволинейным путям. Разгрузка поезда осуществляется при обгоне им головной станции. Обратный ход происходит, как и на пластинчатом конвейере, по рельсам на нижней ветви. Движение поезда производится в полностью автоматическом режиме.

Техническая характеристика установки: производительность до 250 т/ч, длина транспортирования до 3000 м, скорость движения 1,5 м/с, тяговое усилие привода 15—18 кН, грузоподъемность состава 18 т, максимальное расстояние между приводами 72 м, наименьший радиус изгиба в горизонтальной и вертикальной плоскостях соответственно 15 и 50 м.

Установка с конвейерным поездом, приводимым в движение линейными асинхронными двигателями, построена на Рыбальском гранитном карьере [6] для работы по циклично-поточной схеме (рис. 11). Конвейерный поезд предназначен для доставки гранита

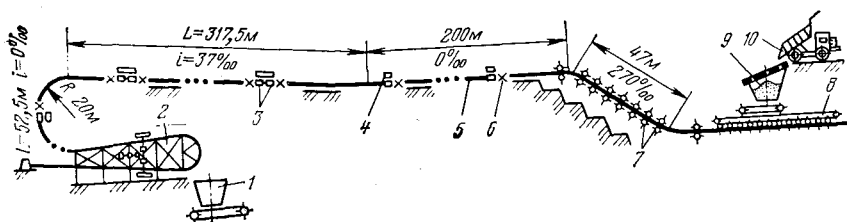


Рис. 11. Схема трассы карьерной установки с конвейерным поездом с линейными асинхронными электродвигателями:

1 — приемный бункер; 2 — разгрузочное устройство; 3 — линейный электродвигатель; 4 — щиты станций управления; 5 — рельсовый путь; 6 — тормоза; 7 — фрикционные приводы; 8 — конвейерный поезд; 9 — загрузочное устройство; 10 — автомобиль-самосвал

из карьера на дробильно-сортировочный завод. Погрузка на поезд предусмотрена из бункера с помощью питателя, а разгрузка в приемный бункер — при опрокидывании тележек на головном разгрузочном устройстве. В работе поезд совершает челноковые движения по одному и тому же рельсовому пути.

Линейные приводы работают в комбинации с фрикционными, установленными на погрузочном и разгрузочном пунктах с замедленным движением поезда (для чего линейные двигатели не приспособлены), а также на коротком (47 м) наклонном участке пути, имеющем угол наклона 16° (270‰).

Поезд состоит из 50 тележек длиной 1 м с шириной желоба 2 м. Он движется по нормальной железнодорожной колес (1524 мм). Тележки снабжены амортизаторами, имеют по бокам лонжероны для контакта с фрикционными приводами и закрепленный снизу плитообразный вторичный медностабильный элемент линейного двигателя. Скорость движения поезда 6 м/с.

Корпус линейного электродвигателя (рис. 12) имеет в плане размер $1 \times 3 \text{ м}^2$. Двигатель питается переменным трехфазным то-

ком напряжением 380 В и обеспечивает номинальное тяговое усилие 26,2 кН. К. п. д. привода 0,6.

Характерная особенность линейных асинхронных приводов — необходимость точного соблюдения воздушного зазора между «зеркалом» двигателя и закрепленными под тележками вторичными элементами. В данном случае зазор принят равным 6 мм. Указанное требование наряду с требованием отсутствия влаги и грязи на взаимодействующих поверхностях затрудняет эксплуатацию конвейерного поезда в карьерах и на шахтах.

По предварительным расчетам, транспортная установка данного типа при нормальной эксплуатации может дать на Рыбальском

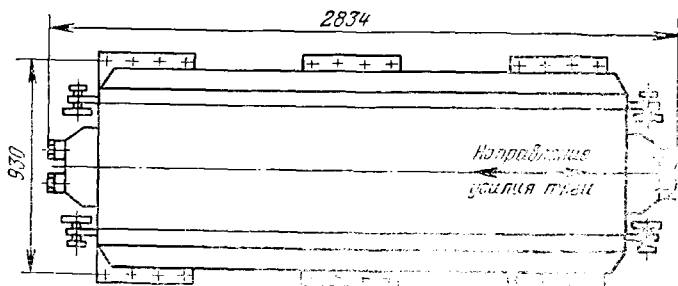


Рис. 12. Схема линейного электродвигателя (в плане)

карьере значительный экономический эффект по сравнению с автомобильным транспортом из карьера на поверхность (снизит общую стоимость транспортирования и повысит производительность труда).

Другой исследованный на стенде во ВНИИПИтранспрогрессе вид привода конвейерного поезда с бесконтактной передачей движущей силы — «турбинный» двигатель, приводящий поезд в движение выходящей из сопла струей воздуха или воды [7]. Лопатки, воспринимающие давление струи, закреплены под конвейерным полотном по всей его длине, т. е. турбинное колесо как бы развернуто в прямую линию. В случае воздушной струи давление воздуха создается компрессором, в случае водной — насосом. Струя воды, имеющая значительно большую плотность, создает возможность передачи большей движущей силы. Однако и водный привод имеет существенные недостатки, такие, как обводненность установки, коррозия, необходимость сбора и отвода отработанной воды, обмерзание в зимнее время и др. Поэтому такой вид бесконтактного привода конвейерного поезда вряд ли перспективен.

В ФРГ построен и испытан на опытном участке длиной 1,8 км подвесной конвейерный поезд с линейными асинхронными приводами для транспортной системы большой производительности и длины. Подсчитано, что этот вид транспорта, как и конвейерная линия, может быть со значительным экономическим эффектом использован для перевозки руды на большие расстояния, например,

на расстояние 200 км от порта Роттердам до металлургических заводов Рурской области.

Транспортная система этого рода представляет собой подвесную двухрельсовую дорогу с поездами номинальной длины 420 м и грузоподъемностью около 700 т. Кузовом служит подвешенный к тележкам желоб параболической формы из прорезиненной материи, с одной стороны закрепленный шарнирно, с другой имеющий открывающийся затвор по типу затвора «молния». Подвесной путь принят двоярным, с грузовой и порожняковой линиями, закольцованными на конечных пунктах, так что поезда совершают постоянно круговое движение. Установленные на опытном участке асинхронные линейные двигатели мощностью 220 кВт передают на

поезда движущую силу 10 кН при скорости поезда 80 км/ч. Автоматическое управление поездами обеспечивает заданный интервал между ними и непрерывную погрузку и разгрузку.

Рассмотренные выше конвейерные поезда обычной конструкции, движущиеся по наземному рельсовому пути, выполняют бесперегрузочное транспортирование сыпучих и крупнокусковых скальных грузов (с размерами кусков до 1200 мм) по пространственным и разветвленным трассам с малыми (30—40 м) радиусами закругления путей, с уклонами до 20—25° при непрерывной погрузке на движущиеся поезда и непрерывной концевой или промежуточной разгрузке. Для рекомендуемых параметров: ширина

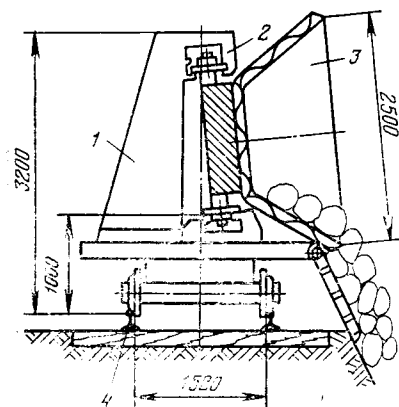


Рис. 13. Разгрузочная тележка на отвале породы:

- 1 — корпус разгрузочной тележки;
2 — направляющие; 3 — тележка конвейерного поезда; 4 — рельсовый путь

тележек поверху 2—2,5 м, сечение груза на полотне 1,5—2 м², грузоподъемность поезда 300—400 т, скорость движения с грузом 5—7 м/с — они обеспечивают при кольцевой трассе пути высокую производительность системы.

При транспортировании породы в отвал они с помощью передвигающейся по тем же путям разгрузочной тележки (рис. 13), несущей спиральные направляющие, допускают при повороте относительно продольной оси на 90° непосредственную промежуточную разгрузку под откос отвала.

Однако существующие типы приводов конвейерных поездов мало приспособлены для эксплуатации на открытых разработках и вообще под открытым небом. Как приводы трения, так и линейные асинхронные двигатели ухудшают работу конвейерных поездов во влажной или пыльной атмосфере. Кроме того, линейные асинхронные двигатели требуют, как отмечалось, весьма точного

соблюдения незначительного зазора между поверхностями «статора» и движущихся с поездом вторичных элементов, что трудно-достижимо в указанных условиях, поэтому перспективы применения конвейерных поездов в значительной мере зависят от дальнейшего усовершенствования приводов.

3. ВИБРАЦИОННЫЕ КОНВЕЙЕРЫ, ПИТАТЕЛИ И ПИТАТЕЛИ-ГРОХОТЫ

3.1. Область применения в горной промышленности, типы и параметры специальных вибрационных конвейеров и питателей

В данной главе рассматриваются специальные горнотранспортные вибрационные машины, с помощью которых решаются специфические транспортные проблемы шахт и карьеров.

При создании специальных и уникальных машин для горной промышленности используются те или иные особенности вибрационного транспорта. Например, для рудной промышленности наиболее важна особенность вибрационных транспортирующих машин противостоять абразивному износу и возможность перемещать крупнокусковые грузы (более 1 м в поперечнике); для угольной промышленности существенны перемещение груза при незначительном измельчении его в процессе транспортирования, а также повышение скорости транспортирования при доставке под уклон.

Специальные вибрационные конвейеры могут выполняться сравнительно компактной конструкции и устанавливаться в весьма стесненных условиях. Они допускают загрузку и разгрузку перемещаемого груза в любой точке транспортирующего органа, ими могут осуществляться погрузка с почвы выработки, подъем груза и перегрузка в вагонетки. Наиболее полно особенности вибрационного транспорта реализуются в коротких наклонных выработках. Доставка под уклон является наиболее целесообразной областью применения вибрационного транспорта в шахтах, так как в этих условиях повышается производительность, снижаются удельная металлоемкость и энергоемкость транспортирующей машины, упрощается конструкция. Перегрузочные виброконвейеры, которые вследствие небольшой, а в специальных конструкциях и «нулевой» высоты погрузки позволяют, например, упростить узел перегрузки угля из лавы на штрековый конвейер. Использование вибрационных перегрузочных конвейеров в комплексе со скребковыми или оборудование погрузочных головок скребковых конвейеров вибрационными питателями-расштыбовщиками позволяет решить такую важную задачу, как устранение заштыбовки нижней ветви скребкового конвейера. Вибрационные расштыбовщики на разгрузочных головках скребковых конвейеров снижают сопротивление движению и уменьшают опасность разрыва тяговой цепи. Самозагружающиеся виброконвейеры в легком исполнении повы-

шают производительность и облегчают труд проходчиков, особенно при проведении бремсбергов и уклонов снизу вверх. Легкие виброконвейеры-бункеризаторы обеспечивают укладку породы враскоку при проведении выработок широким ходом. Перечисленные конвейеры, имеющие небольшой абразивный износ грузонесущих органов, для снижения их массы могут изготавливаться с использованием стеклопластика, что открывает возможность создания легких переносных конструкций.

Вибрационные конвейеры, снабженные неподвижными бортами, наряду со своими основными функциями могут использоваться также в качестве промежуточных аккумулирующих емкостей. Расчеты показывают, что применение под лавой вибрационных бункер-конвейеров небольшой вместимости (около 8—10 м³) позволяет на 80% выровнять грузопоток, вследствие чего уменьшается просыпь груза со штрекового конвейера и оказывается возможным применение конвейеров меньшей производительности.

Весьма важной является задача создания вибрационных конвейеров для рудной промышленности, где высокая абразивность и наличие крупных кусков не всегда создают условия для эффективного применения других видов конвейеров. Вибрационные транспортирующие машины, мало подверженные абразивному износу и способные благодаря наличию мощного грузонесущего органа перемещать крупнокусковые грузы, в этих условиях оказываются весьма эффективными. Вибрационные конвейеры являются составным элементом комплексов для выпуска и доставки руды. Секционные виброконвейеры могут быть успешно использованы для работы с обрушением на них горной массы. Причем для обеспечения эффективной работы включаться может лишь секция у разгрузочного конца. Возможность простого укорачивания обеспечивает использование вибрационных конвейеров при системах разработки с торцовой выемкой.

В горной промышленности находят применение вибрационные конвейеры с эксцентриковым, гидравлическим, инерционным и электромагнитным приводами.

Эксцентриковые транспортирующие машины имеют в приводе упругий элемент для сообщения необходимой подвижности динамической системе. По характеру конструктивного оформления вибрационные транспортирующие машины с эксцентриковым приводом подразделяют на установки с последовательным, параллельным и комбинированным (последовательно-параллельным) расположением колеблющихся масс. Структурные схемы вибрационных транспортирующих машин с гидравлическим приводом аналогичны по принципиальному устройству машинам с эксцентриковым приводом.

Одномассные вибрационные транспортирующие машины состоят из грузонесущего органа, установленного на фундаменте с помощью упругих связей. Колебания грузонесущему органу сообщаются эксцентриковым приводом с упругим шатуном. Вибрационные транспортирующие установки этого типа отличаются кон-

структивной простотой, монтируются на мягких упругих связях и работают в зарезонансном режиме. Однако вследствие того, что в них не уравновешены силы инерции колеблющихся масс, их привод подвержен действию больших динамических нагрузок. Недостатком их является также затрудненный пуск, связанный с переходом через резонанс. Для облегчения запуска на таких установках устанавливают двигатели с повышенным пусковым моментом.

Для разгрузки привода и устранения передачи динамических нагрузок на опорные конструкции применяют резонансные уравновешенные вибромашины. Вибротранспортирующая машина состоит из двух грузонесущих органов или грузонесущего органа и реактивной массы, соединенных жесткими рычагами, эксцентрикового привода, рабочих упругих связей и опорных стоек, крепящихся в неподвижной точке всей системы и на фундаменте. Вибромашина выполнена по одномассной схеме, так как два грузонесущих органа соединены не только упругими связями, но и жесткими рычагами. Поэтому перемещения грузонесущих органов не являются независимыми. Такая система из-за колебаний грузонесущих органов в противофазе имеет точки, которые характеризуются нулевой амплитудой. Систему опирают на фундамент в этих точках для предотвращения передачи вибрации на опорные конструкции.

Наибольшее распространение в настоящее время имеют резонансные уравновешенные установки двухмассной системы, выполняемые по принципиально различным структурным схемам.

Виброизолированный виброконвейер двухмассной системы с параллельным расположением колеблющихся масс состоит из грузонесущего органа и реактивной массы, расположенных друг над другом; эксцентрикового привода с упругим шатуном; рабочих упругих связей и амортизаторов, с помощью которых реактивная масса изолируется от опорных конструкций.

В вибротранспортирующей установке двухмассной системы с последовательным расположением колеблющихся масс грузонесущие органы расположены один за другим. Эксцентриковый вибратор с упругим шатуном сообщает им силовые импульсы, направленные в противоположные стороны, вследствие чего грузонесущие органы, опираемые на фундамент через упругие связи, колеблются в противофазе. Такое устройство вибротранспортирующей машины обеспечивает уравновешивание горизонтальных составляющих сил инерции.

Более полное уравновешивание достигается в вибротранспортирующих машинах трехмассной системы. В трехмассной вибротранспортирующей установке с последовательным расположением колеблющихся масс грузонесущие органы опираются с помощью упругих связей на уравновешивающую раму. Вследствие того что грузонесущие органы колеблются в противофазе, горизонтальные составляющие реакций упругих связей уравновешиваются на раме. Рама изолируется от опорных конструкций амортизатором, что уменьшает передачу вертикальных составляющих опорных реак-

ций. Привод осуществляется эксцентриковым вибратором, соединенным с одним из грузонесущих органов упругим шатуном. В трехмассной вибротранспортирующей установке с параллельными расположением грузонесущих органов последние опираются на уравнивающую раму с помощью упругих связей. Рама изолируется от опорных конструкций амортизаторами. Привод одного из грузонесущих органов осуществляется эксцентриковым вибратором через упругий шатун. Второму грузонесущему органу колебания сообщаются реактивно, при этом он колеблется примерно в противофазе к первому.

В инерционных вибромашинах применяют приводы с направленной прямолинейно и вращающейся возмущающей силой. Среди машин с вращающейся возмущающей силой различают установки с вибратором типа дебаланс (мотор-вибраторы) и вибраторами, создающими эллиптическую возмущающуюся силу. В числе машин с прямолинейно направленной возмущающей силой имеются установки с вибраторами типа самобаланс, самосинхронизирующимися мотор-вибраторами и маятниковыми вибраторами.

В одноприводной одномассной вибротранспортирующей машине с инерционным приводом грузонесущий орган устанавливается на фундаменте или подвешивается к несущей раме с помощью упругих связей. Колебания грузонесущему органу сообщаются инерционным вибратором самобалансного или дебалансного типа. Может быть применен также бигармонический или эллиптический вибратор. При использовании в вибротранспортирующей установке самобалансного или бигармонического вибратора грузонесущий орган совершает прямолинейные колебания, если применен дебалансный или эллиптический вибратор, грузонесущий орган имеет круговую или эллиптическую траекторию движения.

Одномассная вибротранспортирующая машина с инерционным приводом, опирающаяся в неподвижной точке системы, состоит из двух грузонесущих органов, соединенных упругими связями, корпусом инерционного вибратора со смещенными дебалансами и шатунами. Система на неподвижную точку, находящуюся в середине шатунов, опирается либо непосредственно, либо через амортизаторы.

Структурные схемы двухмассных одноприводных вибротранспортирующих машин с уравнивающей рамой и вибратором, используемых в качестве реактивной массы, весьма разнообразны. Двухмассная инерционная вибротранспортирующая установка состоит из грузонесущего органа, вибратора, приводящего грузонесущий орган в колебательное движение, рабочих упругих связей и амортизаторов. В качестве реактивной массы может служить специальная тяжелая рама или сам вибратор. Вибратор может устанавливаться на грузонесущем органе или на раме. Двухмассные вибрационные транспортирующие машины открывают большие возможности в отношении использования резонансных режимов, виброизоляции и динамического уравнивания колеблющихся масс.

В трехмассной вибрационной транспортирующей установке с инерционным приводом грузонесущие органы опираются с помощью упругих связей на несущую раму. Рама от опорных конструкций изолируется амортизаторами. Привод вибромашины осуществляется самобалансным или двумя самосинхронизирующимися вибраторами, жестко закрепленными на несущей раме. Вследствие колебаний грузонесущих органов в противофазе реакции упругих связей верхней и нижней масс уравниваются на раме. Дополнительная виброзащита обеспечивается амортизаторами.

Многомассная инерционная вибрационная транспортирующая установка с реактивными массами состоит из грузонесущего органа, установленного на фундаменте на упругих связях. Грузонесущему органу с помощью вибратора направленного действия сообщаются продольные колебания. Для сообщения грузонесущему органу поперечных колебаний вдоль него на рессорах устанавливаются реактивные массы с упругими связями. Установки такого устройства могут выполняться значительной длины, так как продольные колебания, сообщаемые грузонесущему органу, могут передаваться без затухания на большие расстояния. Наличие рассредоточенных реактивных масс обеспечивает поддержание колебаний стро-го в заданном направлении.

3.2. Конструкции вибрационных питателей, конвейеров и вспомогательных устройств

Из числа специальных и уникальных вибрационных транспортирующих установок в данной книге рассматриваются высокопроизводительные вибрационные питатели, предназначенные для работы в тяжелых условиях под большими нагрузками (питатели для подачи материала из бункеров; питатели-грохоты с устройствами для дробления негабарита, для загрузки магистральных конвейеров), питатели-расштыбовщики и вибрационные конвейеры специального назначения (малогабаритные), предназначенные для эксплуатации в стесненных условиях шахт и рудников.

Вибрационные питатели и питатели-грохоты большой грузоподъемности и высокой производительности, как правило, в качестве привода имеют инерционные вибраторы с направленной или вращающейся возмущающей силой. Такие вибрационные питатели применяются для подачи материалов из крупнотоннажных бункеров и для загрузки магистральных конвейеров. Характерной особенностью их работы являются большие нагрузки на грузонесущий орган от перемещаемого материала. Эти нагрузки могут значительно превышать собственную массу колеблющихся частей машины. Поэтому при создании таких установок принимаются специальные меры для обеспечения колебаний грузонесущего органа с необходимыми параметрами независимо от действия больших нагрузок. Производительность мощных вибрационных питателей составляет от 500 до 2000 т/ч, разрабатываются установки на производительность 3000 т/ч. Несмотря на сложные

условия работы, мощные вибрационные питатели просты по конструкции. Установка состоит из стального сварного короба, армированного в целях снижения абразивного износа и предотвращения повреждений резиной или броневыми накладками из марганцовистой стали. Короб устанавливается на раме с помощью упругой системы, выполняемой в виде винтовых пружин или резиновых элементов различного устройства. Привод осуществляется мощным вибратором типа самобаланс, возбуждающим направленную возмущающую силу, или типа дебаланс, создающим вращающуюся силу. В качестве примера мощной вибрационной установки может служить вибрационный питатель-грохот ВПГ-1, располагающийся под загрузочным бункером и служащий для загрузки магистрального конвейера на Гайском ГОКе вскрышной породой, загружаемой в бункер самосвалами. Установка работает в весьма тяжелых условиях, подвергается ударам негабаритных кусков, падающих со значительной высоты. На грузонесущем органе установки имеются колосники, которые обеспечивают подсев мелочи на конвейерную ленту и погрузку крупных кусков на подстилающий слой. Ширина грузонесущего органа составляет 1,55 м, и производительность при установке питателя-грохота с наклоном 10° достигает 1000 т/ч. Упругая система выполняется из резиновых элементов, работающих на сдвиг; вибраторы располагаются по бокам грузонесущего органа и могут создавать как направленную, так и вращающуюся возмущающую силу, которая изменяется по эллиптическому закону.

Некоторые фирмы ФРГ и США выпускают вибрационные питатели с инерционным приводом и упругой системой из опираемых на основание винтовых пружин на производительность 1500 и 2000 т/ч; в последнем случае ширина грузонесущего органа достигает 4 м.

Как известно, дальнейшее совершенствование открытых горных работ связывается с переходом на циклично-поточную и поточную технологию с экскаваторами циклического действия и автомобильно-конвейерным транспортом; предусматривается также увеличение использования экскаваторов непрерывного действия. Применение конвейерного транспорта является центральным звеном технологического процесса и во многом определяет структуру и эффективность других звеньев и всего транспортного процесса в целом. С применением конвейерного транспорта открываются широкие возможности автоматизации производственных процессов и совершенствования методов управления сложными процессами горного производства. Однако наличие негабаритных кусков в горной массе сдерживает возможность широкого применения конвейерного транспорта и вызывает необходимость создания специальных конвейеров и погрузочных устройств для крупнокузовых грузов (до 1000—1500 мм) или установок для дробления негабарита до размера транспортабельных кусков (300×400 мм), допускающих применение стандартных ленточных конвейеров. Для обеспечения перемещения недробленной горной

массы обычными ленточными конвейерами чрезвычайно важно совершенствование карьерных перегрузочных пунктов, которые могут быть как стационарными, так и передвижными, в том числе и самоходными. В этих условиях весьма эффективным оказывается применение вибрационных питателей, питателей-грохотов и грохотов. Эти установки позволяют осуществлять транспортирование и погрузку горной массы крупностью до 1,5 м при достаточно высокой производительности, достигающей в настоящее время 1500—2000 т/ч и проектируемой до 3000 т/ч.

Для стационарных перегрузочных пунктов успешно могут применяться неуравновешенные виброустановки, работающие в резонансных режимах; для передвижных погрузочных пунктов необходимы машины уравновешенного типа, не требующие специальных тяжелых фундаментов, или установки с особо эффективной виброизоляцией. К первому типу машин относится рассмотренный выше вибрационный питатель-грохот ВПГ-1. Для передвижных установок предназначен вибрационный питатель ВП с пневматической упругой системой, передающей пониженные динамические нагрузки на несущие конструкции. Этот питатель применен в самоходном устройстве, служащем для загрузки конвейерного поезда крупнокусковой горной массой, подаваемой экскаватором ЭКГ-8И. Загрузочное устройство включает ходовую часть, аккумулярующий бункер вместимостью 30 м³ и вибрационный питатель. Вибрационный питатель ВП состоит из рабочего органа, опирающегося на пневматические баллоны; привод осуществляется инерционным самобалансным вибратором, расположенным на кронштейне под днищем со стороны загрузочного конца. Рабочий орган установлен наклонно для повышения производительности; его рабочая поверхность футерована резиновыми блоками, увеличивающими допустимую энергию удара падающих кусков и снижающими опасность разрушения рабочей поверхности.

Однако для передвижных погрузочных пунктов более перспективны виброустановки уравновешенного или виброизолированного типа, например вибрационные питатели-грохоты с инерционным приводом (рис. 14,а) и возбуждающими массами (рис. 14,б). Колосниковая решетка питателя-грохота с инерционным приводом с помощью винтовых тяг и пружин подвешена к несущим конструкциям. Вибратор типа самобаланс крепится на кронштейне к рабочему органу питателя-грохота под углом к просеивающей поверхности. Привод вибратора осуществляется от электродвигателя через карданный вал. Для увеличения производительности питатель-грохот установлен с наклоном в сторону разгрузки. Винтовые амортизационные пружины могут быть заменены резиновыми упругими элементами.

Одним из прогрессивных типов вибрационных транспортирующих машин являются установки со свободными массами, подвешенными на рессорах к грузонесущему органу. В установках этого типа грузонесущему органу инерционным вибратором типа самобаланс сообщаются только продольные колебания. Вследст-

вие того что отсутствует составляющая возмущающей силы, перпендикулярная к грузонесущему органу, существенно снижается опасность возбуждения его изгибных колебаний. Поперечные колебания, необходимые для осуществления транспортирования, сообщаются грузонесущему органу реактивно свободно подвешенными возбуждающими массами.

На принципе виброустановок со свободно подвешенными возбуждающими массами создаются как мощные вибрационные питатели и питатели-грохоты, так и легкие переносные вибрационные конвейеры. В последнем случае используется такое преимущество вибромашин этого типа, как возможность их опирания или подвешивания на мягких амортизаторах. Эти машины не требуют установки на фундаменте и передают незначительные динамические нагрузки на опорные конструкции.

Вибрационный питатель-грохот с подвешенными на рессорах по бокам рабочего органа возбуждающими массами (см. рис. 14,б) предназначен для загрузки мощных магистральных конвейеров крупнокусковыми грузами. Для обеспечения просыпи мелочи и создания на конвейерной ленте подстилающего слоя днище рабочего органа выполнено в виде колосниковой решетки. Привод установки осуществляется инерционным вибратором типа самобаланс, закрепленным на задней стенке рабочего органа; вращение вибратору сообщается электродвигателем через карданный вал. Предусмотрены две системы установки питателя-грохота — путем подвески к раме и опирания на основание с помощью винтовых амортизационных пружин.

Снижение содержания негабаритных кусков во взорванной горной массе может быть достигнуто за счет увеличения объема буровзрывных работ или дробления в карьерных дробильных установках. Расчеты показывают, что дробление горного массива за счет сгущения сетки скважин обходится примерно в 3 раза дороже, чем дробление в карьерных дробильных установках [33].

С целью получения транспортабельных кусков горных пород создаются карьерные полустационарные и передвижные дробильные установки, структурно входящие в схемы комплексной механизации открытой разработки месторождений. Главным исполнительным органом карьерных дробильных установок являются дробилки. Вместе с тем необходимо отметить, что традиционные типы дробилок (роторные, конусные и щековые) не удовлетворяют в полной мере требованиям универсальности применения. Дробилки карьерных дробильных установок должны характеризоваться минимальными массой и габаритами для создания возможности их передвижения. От дробилок требуется также динамическая уравновешенность для предотвращения разрушения ходового механизма, а также достаточно высокая производительность при дроблении пород с изменяющимися в широком диапазоне крепостью и абразивностью. Предъявляемым требованиям в принципе в наибольшей степени отвечают вибрационные дробилки. Вибрационные щековые дробилки предназначены для дробления руд,

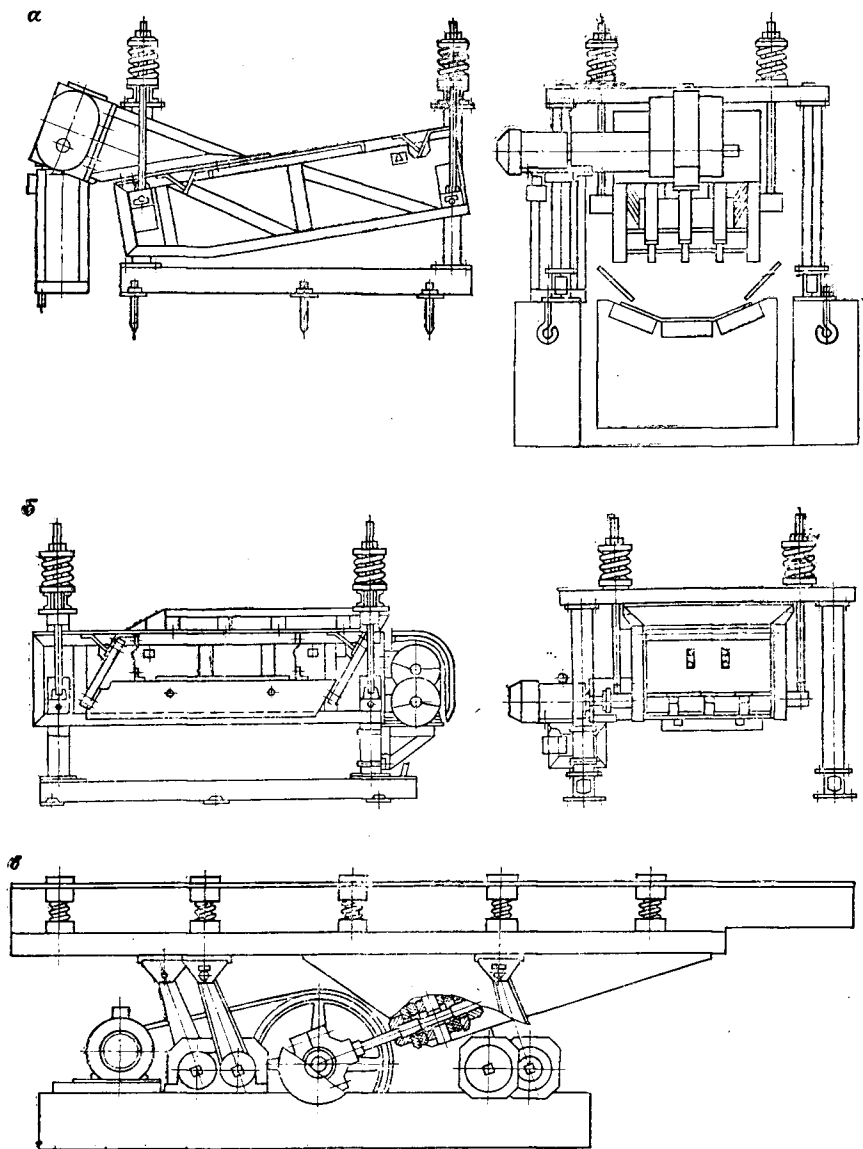


Рис. 14. Вибрационные питатели-грохоты с инерционным приводом:
 а — одномассная установка виброизолированной конструкции; б — двухмассная установка с возбуждающими массами; в — одномассный с торсионной упругой системой

угля и различного рода строительных материалов крепостью от 4 до 20 ед. по шкале проф. М. М. Протодыяконова. Степень дробления указанных материалов, определяемая конструктивным выполнением и параметрами щек дробилки, составляет 3—6. Виброударная дробилка может работать как в полустационарных уста-

новках, так и в передвижных в паре с одноковшовыми экскаваторами или погрузчиком, с последующей передачей дробленого материала на конвейерную ленту.

Вибрационная щековая дробилка как по принципу работы, так и по конструктивному выполнению отличается от обычных щековых дробилок. Вибрационная щековая дробилка в отличие от обычных тихоходных щековых дробилок вследствие высокочастотных колебаний щек осуществляет дробление горной массы в виброударном режиме. Статическое дробление (раздавливание) комбинировается с ударным. Ударный режим дробления формируется в вибрационной щековой дробилке в результате того, что при существующем соотношении скоростей опускания дробимого материала в дробильной камере и частотой колебаний щек между ними происходит периодическое возникновение зазора (потеря контакта). При выборе этого зазора реализуются большие дробящие усилия и повышается эффективность процесса дробления. Высокочастотный характер работы улучшает также процесс дробления материалов, склонных к налипанию. Благодаря тому что дробление горной массы происходит за счет высокочастотных ударных импульсов, имеет место значительно меньший выход фракций, превышающих размеры выходной щели, чем у обычных щековых дробилок. Отличительной особенностью принципиально-конструктивного выполнения инерционной виброударной дробилки является использование в качестве привода противофазно работающих инерционных вибраторов, подвижные части которых не имеют жесткой кинематической связи со щеками дробилки, и опирание дробящих щек через резиновые упругие элементы в неподвижной точке колебательной системы. Отсутствие кинематической связи вращающихся частей вибратора со щекой предотвращает поломки дробилки в случае попадания недробимых кусков материала. Каждый из вибраторов генерирует возмущающую силу во взаимно противоположных направлениях, и, таким образом, усилия дробящих щек замыкаются на дробимом материале и уравниваются. Опирание колебательной системы в неподвижной точке устраняет передачу динамических нагрузок на несущие конструкции. Такое конструктивное выполнение дробилки дает возможность отказаться от массивных фундаментов и делать установки более легкими и при необходимости мобильными. Динамическая характеристика вибрационных дробилок допускает работу под завалом, что обуславливает возможность их непосредственной загрузки без применения специальных питателей, а также пуск под завалом. Вибрационные дробилки устойчиво работают на рядовом материале, поступающем из ковша погрузочной машины. При этом мелкие фракции, не требующие дробления, почти беспрепятственно проходят дробящую полость, образуя на конвейерной ленте своеобразную подстилающую подушку для раздробленных материалов. Таким образом, вибрационная дробилка выполняет одновременно функции дозатора и питателя-грохота.

Вибрационная щековая дробилка типа ШВД состоит из корпуса, в котором расположены дробящие щеки, приводимые в колебательное движение инерционными вибраторами типа самобаланс. Щеки закреплены в корпусе резиновыми предварительно поджатыми упругими элементами, работающими на сдвиг. Для обеспечения синхронного противофазного движения щек используются два редуктора-синхронизатора. Привод осуществляется от двух электродвигателей; редукторы-синхронизаторы соединяются с вибратором карданными валами.

Вибрационная дробилка ШДВ состоит из рамы, которая с помощью резиновых амортизаторов опирается на несущие конструкции. К литым щекам крепятся дробящие плиты и инерционные самобалансные вибраторы. Щеки соединяются с рамой резиновыми элементами с предварительным поджатием, работающими на сдвиг. Привод вибраторов осуществляется от электродвигателей через клиноременную передачу. Вибраторы щек соединены друг с другом редуктором-синхронизатором. Для облегчения загрузки дробилки к раме крепится загрузочная воронка.

Донецким машиностроительным заводом им. Ленинского комсомола Украины по заданию ИГД им. А. А. Скочинского разработан экспериментальный самоходный вибродробильный агрегат СВДА-1000 на гусеничном ходу с дробилкой ШВД. Самоходный вибродробильный агрегат СВДА-1000 предназначен для приема горной массы от экскаваторов циклического действия ЭКГ-8,0, ЭКГ-3,2у, ЭВГ-4, крупного ее дробления и перегрузки раздробленной горной массы на конвейерный транспорт в схемах циклично-поточной технологии вскрышных работ. Агрегат рассчитан на производительность 1000 т/ч для дробления пород крепостью по шкале проф. Протодяконова 16 ед. при максимальном размере поступающих кусков 1100 мм. Размер куска после дробления 300 мм и ниже. Размер приемного отверстия дробилки 1200×1500 мм, ширина разгрузочной щели 200, 300 и 400 мм, частота колебаний 1300 мин⁻¹. Установленная мощность электродвигателей 740 кВт, масса агрегата 358 т. Применен отвальный консольный конвейер с шириной ленты 1200 мм и скоростью движения ленты 2,45 м/с. Агрегат содержит следующие основные узлы: ходовую часть, вибродробилку, надстройку, консольную часть и электрооборудование.

Представляет интерес применение системы из четырех вибрационных питателей для подачи взорванного диабазового камня из бункера для последующей доставки в дробильный комплекс [8]. В качестве бункера используется естественная выемка, оборудованная в нижней части бетонной галереи для установки вибрационных питателей, каждый из которых имеет длину 4,2 м при ширине 2,6 м (рис. 15). Вместимость бункера принята 8000 т при длине 55 м, загрузка бункера взорванным камнем производится с высоты 55 м самосвалами. В целях экономии электроэнергии применена система автоматического последовательного пуска вибрационных питателей, запатентованная фирмой «Гумбольд-Ведаг». В свое время подобная система была разработана для виброустановок, пред-

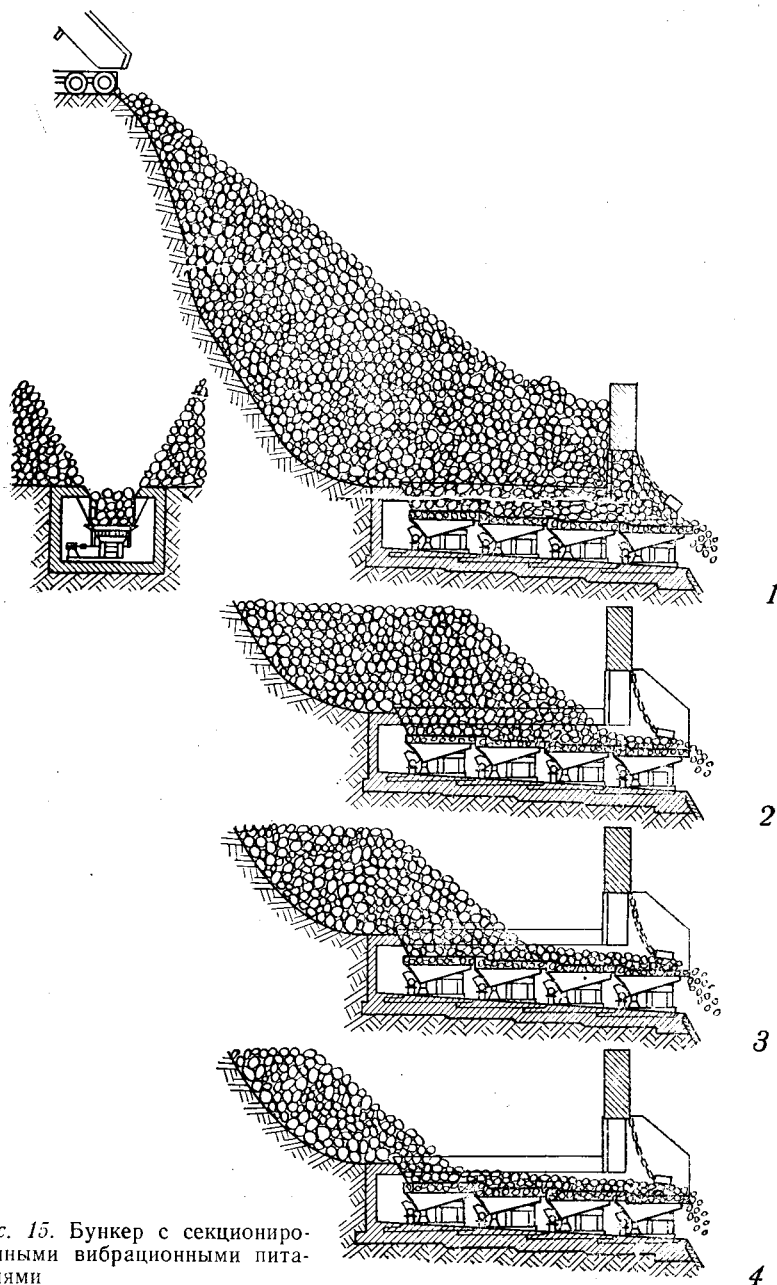


Рис. 15. Бункер с секционированными вибрационными питателями

назначенных для торцового выпуска руды, и вибрационных бункер-конвейеров [9]. Система настроена таким образом, что в начале работы включается только один питатель, установленный у выпускного отверстия (см. схему 2 на рис. 15), затем, когда слой камня на первом питателе достигает расчетного минимума, включается второй питатель (см. схему 3 на рис. 15). По той же схеме происходит включение третьего, а затем и четвертого питателей (см. схему 4 на рис. 15). Для обеспечения автоматического действия системы управления вибрационные питатели оборудуются датчиками, регистрирующими давление горной массы на рабочий орган. Система отрегулирована таким образом, что на рабочих органах всегда сохраняется заданный слой материала, служащий амортизационной подушкой и предотвращающий повреждения вибрационных питателей при падении крупных камней с большой высоты.

В вибрационных питателях инерционного типа средней мощности в качестве привода чаще всего используют мотор-вибраторы, которые могут устанавливаться одиночно или парами с динамической или жесткой синхронизацией. Для получения направленной возмущающей силы широко используют также маятниковые вибраторы. При использовании одиночных мотор-вибраторов в зависимости от устройства упругой системы грузонесущий орган совершает круговые или эллиптические колебания. Инерционные вибраторы, как правило, выполняются по одномассной схеме и работают в далеко зарезонансных режимах [10].

Такие питатели чрезвычайно просты по конструкции и содержат всего три основных узла: грузонесущий орган, вибратор и виброизолирующую упругую систему. Маятниковые и дебалансные вибраторы располагают в большинстве случаев под днищем грузонесущего органа, синхронизированные спаренные — в задней части грузонесущего органа или по его бокам. Для обеспечения стабильной работы линия действия возмущающей силы должна проходить через центр масс питателя и по условиям обеспечения эффективного транспортирования составлять с днищем грузонесущего органа угол $20\text{--}25^\circ$. В качестве виброизолирующей упругой системы применяют для опорных конструкций винтовые пружины сжатия и для подвесных — винтовые пружины растяжения. Виброизолированные вибрационные питатели передают на несущие конструкции незначительные динамические нагрузки и не требуют для установки специального фундамента. С мотор-вибраторами, имеющими динамическую синхронизацию, в отдельных случаях выпускаются даже мощные установки. Так, западногерманская фирма выпускает инерционный питатель с шириной грузонесущего органа 2,5 м, опирающийся на четыре опоры из винтовых пружин и приводимый в действие двумя динамическими синхронизированными мотор-вибраторами, установленными на задней стенке грузонесущего органа с расположением дебалансных валов в вертикальной плоскости и с небольшим наклоном по отношению к днищу.

В США для эксплуатации в условиях горной промышленности выпускаются вибрационные питатели в тяжелом исполнении, приводимые в действие двухдебалансными вибраторами. Дебалансные валы соединены друг с другом шестернями в таком положении, что создаются прямолинейная возмущающая сила, действующая под небольшим углом к днищу грузонесущего органа, и небольшой крутящий момент относительно центра масс установки. Питатель вследствие того, что дебалансы расположены под грузонесущим органом так, что линия, соединяющая центры их вращения, параллельна днищу, имеют несмотря на высокую производительность и особо тяжелое исполнение небольшую высоту. Для иллюстрации можно привести следующие данные о питателе производительностью 1000 т/ч: днище из стального листа толщиной 12 мм, боковые стенки из швеллеров с толщиной полки 18 мм, конструкция грузонесущего органа коробчатая. Вибратор приводится в действие через клиноременную передачу от двигателя, который может быть расположен сбоку, сверху или снизу установки. Дебалансные валы, выполненные из стального литья и имеющие эксцентриситет 50 мм, устанавливаются в корпусе вибратора на четырех самоустанавливающихся сферических роликоподшипниках и соединяются друг с другом шестернями. Смазка для подшипников и шестерен закладывается при сборке. Грузонесущий орган опирается на опорные конструкции через систему горизонтальных и вертикальных винтовых пружин.

Наряду с инерционными питателями находят применение установки с эксцентриковым приводом. ВНИИПТМАШем разработано несколько модификаций вибрационных питателей с эксцентриковым приводом неуравновешенной конструкции. В питателях в качестве упругой системы применены как традиционные для данных конструкций вибромашин резиновые элементы, работающие на сдвиг, так и торсионы, соединяемые с рабочим органом установки шатунами. Вибрационный питатель с торсионной упругой системой (рис. 14,в) состоит из опорной рамы, на которой попарно смонтированы торсионы таким образом, что в каждом комплекте у одного торсиона свободен правый, у другого — левый конец; на свободных концах торсионов установлены шатуны, соединяющиеся с грузонесущим органом. Противоположные концы торсионов жестко зажаты в опорных втулках, располагающихся на раме. Двигатель и эксцентриковый привод также установлены на раме и соединены понизительной клиноременной передачей. Шатун привода соединен с грузонесущим органом резиновыми кольцами, работающими на сжатие. Грузонесущий орган выполнен из мощной рамы, к которой специальными зажимами с винтовыми пружинами прижимается коробчатый желоб, и связь между рамой и желобом достигается только за счет сил трения. Такая конструкция предотвращает возникновение всевозможных напряжений, могущих действовать в конструкции грузонесущего органа в различных режимах и условиях эксплуатации.

Питатель второго типа имеет лотковый грузонесущий орган.

устанавливаемый на раме с помощью резиновых упругих элементов, работающих на сдвиг, и специальных опорных кронштейнов. В загрузочной части грузонесущего органа крепится бункер, облегчающий загрузку питателя материалом. Эксцентриковый привод с двигателем располагается в задней части питателя.

Западногерманские фирмы выпускают вибрационные питатели с эксцентриковым приводом (производительность до 1000 т/ч) двухмассной системы с виброизоляцией, что допускает их установку без фундамента непосредственно на несущих конструкциях зданий. Активной массой является грузонесущий орган, а реактивной — более тяжелая рама. Грузонесущий орган представляет собой снабженный ребрами лоток или трубу из сравнительно толстого стального листа. Ребра грузонесущего органа придают ему необходимую жесткость и устраняют изгибные колебания. К боковым стенкам грузонесущего органа привариваются кронштейны, служащие для крепления упругих резиновых элементов зажимной конструкции, используемых вместо стальных в целях повышения надежности машины.

Реактивная масса, являющаяся одновременно рамой питателя, состоит из двух массивных боковин, соединенных между собой поперечными связями. В верхней части боковин предусмотрены гнезда с прижимными крышками, в которые устанавливаются резиновые упругие элементы. Резиновые элементы удерживаются в гнездах за счет предварительного поджатия крышки и не требуют вулканизации к металлу, а поэтому сравнительно дешевы.

Эксцентриковый привод жестко крепится на торцевой стенке реактивной массы и соединяется с грузонесущим органом резиновыми элементами. Привод выполнен компактной конструкции и не имеет шатуна. Двигатель также располагается на реактивной массе и соединяется с эксцентриковым приводом клиноременной передачей. Реактивная масса устанавливается на несущих конструкциях с помощью резиновых амортизаторов или подвешивается на тягах с резиновыми амортизаторами.

Вследствие значительной реактивной массы колебания ее невелики по сравнению с колебаниями грузонесущего органа. Поэтому опорные амортизаторы передают незначительные динамические нагрузки на несущие конструкции.

Перспективным направлением совершенствования скребковых конвейеров является вынос его плоского головного привода на штрек или просек. При этом возможен выход исполнительного органа комбайна на штрек и его работа без ниш. Однако плоский привод требует подрывки почвы на 0,5—0,8 м, что не всегда оказывается приемлемым. Вынос на штрек малогабаритного плоского или наклонного привода требует, кроме того, наличия надежной крепи сопряжения. Поэтому в некоторых горно-геологических условиях привод конвейера приходится оставлять в лаве. В этом случае перегрузка угля с забойного конвейера на штрековый или просековый осуществляется при помощи течек, что исключает перебивку штрековой крепи при передвижке забойного конвейера.

Однако течи в большинстве случаев не обеспечивают надлежащего отбора подаваемой породы, что ведет к заштыбовке нижней ветви скребкового конвейера и к авариям от порывов цепи.

В настоящее время рядом организаций, в том числе ИГД им. А. А. Скочинского и заводом «Свет шахтера», разработаны конструкции вибрационных расштыбовочно-перегрузочных устройств. Для скребковых конвейеров СП63, СП63М и СПМ 87Д разработаны вибрационные перегружатели-расштыбовщики с эксцентриковым и гидравлическим приводами [11]. Наиболее компактным и совершенным является устройство с гидравлическим приводом.

Вибрационный перегружатель-расштыбовщик ВТ-3 представляет собой двухмассную колебательную систему. Рабочим органом установки является желоб, установленный на раме с помощью резиновых упругих элементов. Колебания рабочему органу сообщаются эксцентриковым вибратором с упругим шатуном.

Вибрационный питатель-расштыбовщик работает следующим образом. Со скребкового конвейера СП63 уголь поступает на рабочий орган виброустановки и далее на ленточный конвейер. В результате перед головкой не скапливается уголь и свободная ветвь не заносит штыб в конвейер. С другой стороны скребки нижней ветви конвейера, проходя по лотку виброустановки, приводятся в колебательное движение, что способствует очистке их от остатков угля. На рис. 16 приведен общий вид вибрационного питателя-расштыбовщика с гидравлическим мембранным приводом. Рабочий орган вибрационного расштыбовщика представляет собой желоб с бортами специальной конфигурации, по которым перемещается холостая ветвь скребковой цепи конвейера. Колебания рабочему органу расштыбовщика сообщаются расположенными по его бокам мембранными гидравлическими вибраторами, питание которых осуществляется от специального гидропульсатора или от общей насосной станции через прерыватель потока. Рабочий орган расштыбовщика резинометаллическими упругими элементами соединен с рамой приводной секции скребкового конвейера.

Стесненные условия эксплуатации транспортирующих установок на рудниках, шахтах и обогатительных фабриках предъявляют специальные требования в отношении их габаритов. В то же время *вибрационные конвейеры общего назначения не предназначены* для эксплуатации в стесненных условиях, поэтому к ним не предъявляются особые требования в отношении компактности исполнения. Для стесненных условий эксплуатации созданы малогабаритные вибрационные конвейеры. При разработке таких конвейеров были предложены новые решения по принципиальным схемам установок, конструкции грузонесущих органов, упругой системы и приводов, а также рекомендованы специальные режимы работы.

В основу малогабаритных установок положены неуравновешенные динамические схемы, требующие жесткого крепления к почве выработки, и схемы с продольным уравниванием без специ-

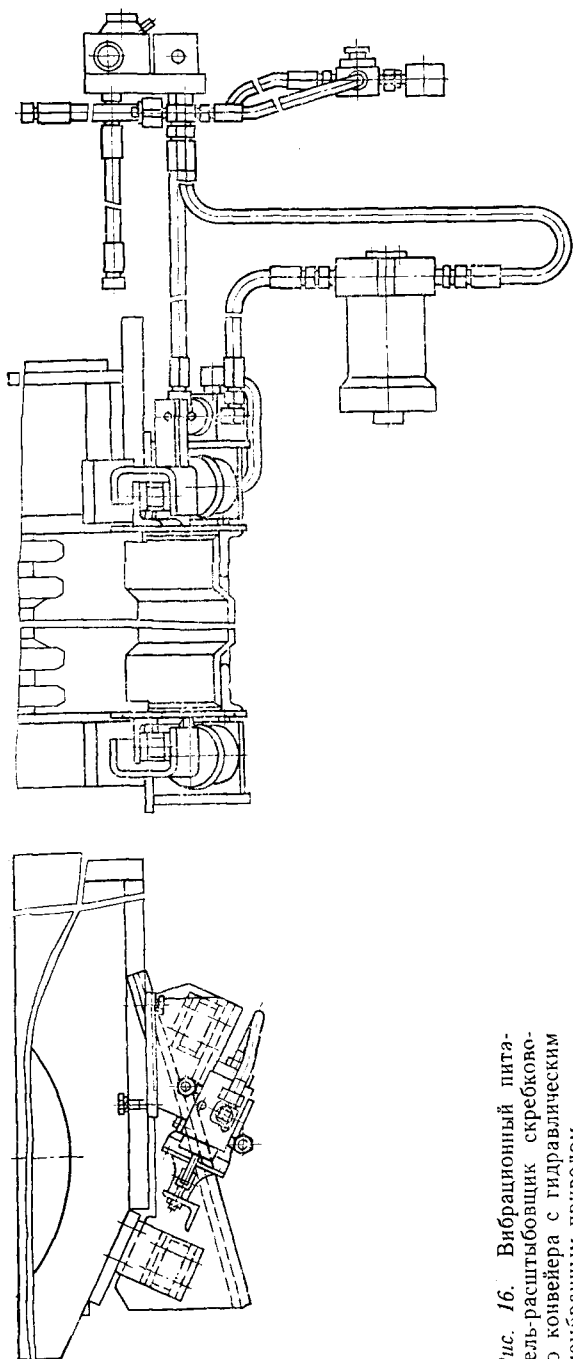


Рис. 16. Вибрационный питатель-расштыбовщик скребкового конвейера с гидравлическим мембранным приводом

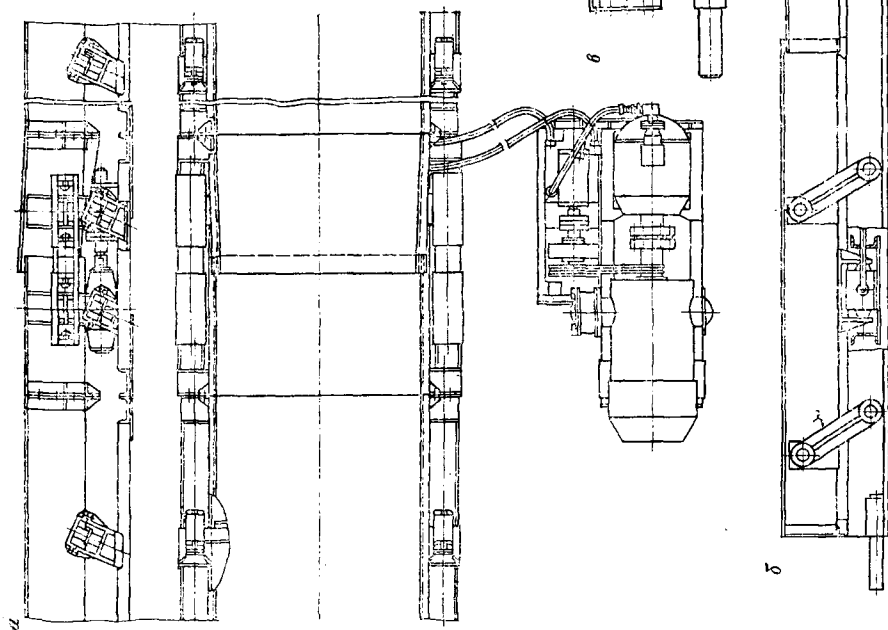
ального крепления рамы. По рассмотренным динамическим схемам разработаны вибрационные конвейеры высотой 450—400 мм и в специальном малогабаритном исполнении — до 260 мм.

Наибольший интерес представляют схемы конструкций малогабаритных конвейеров с продольными уравниванием колеблющихся масс и гидравлическим приводом. На рис. 17,а,б приведены уравновешенные малогабаритные конвейеры с гидравлическим приводом. Вибрационный конвейер (см. рис. 17,а) выполняется из приводной секции, расположенной в середине става, и ряда линейных. Секции соединяются друг с другом болтовыми соединениями рамы и решеток. Приводная секция имеет раму, на которую с помощью резиновых упругих элементов устанавливаются два решета. Один из решеток имеет съемный суживающийся носок, обеспечивающий поступление груза с одной половины грузонесущего органа на другую. Решетки имеют ребра жесткости с кронштейнами. С помощью этих кронштейнов, резиновых упругих элементов и связывающей рамы решетки приводной секции соединяются друг с другом.

Для создания нелинейной характеристики рабочей упругой системы в раме устанавливаются резиновые буфера с регулируемым зазором. При колебаниях грузонесущие органы периодически упираются в буфера, вследствие чего изменяется жесткость рабочей упругой системы, что обеспечивает стабильную работу в условиях переменных нагрузок. Приводом служит поршневой гидровибратор, цилиндр которого резиновыми шарнирами крепится к одному решету приводной секции, а шток поршня — ко второму. Конвейер (см. рис. 17,б) состоит из приводной и линейных секций, устанавливаемых в целях обеспечения уравниваемости конструкции в равных количествах по обе стороны приводной секции. Приводная секция содержит два решета, установленных на шатунах с резиновыми шарнирами на общей раме. Каждый решет приводится в колебательное движение индивидуальным гидровибратором. Вибраторы принудительно синхронизированы на противофазную работу; так же в противофазе колеблются и решетки приводной секции и линейных секций, расположенных с разных сторон от приводной. Вследствие противофазных колебаний грузонесущих органов реакции упругой системы на раму в значительной степени уравниваются, и рама в процессе работы конвейера остается практически неподвижной. Линейные секции конвейера имеют упругую систему, выполненную в виде резиновых упругих элементов, работающих на сдвиг.

Малогабаритный конвейер с мембранным гидравлическим приводом неуравновешенной системы (рис. 17,в) выполнен секционным быстроразборным с рамой из труб. Грузонесущий орган для придания ему высокой жесткости при ограниченной массе выполнен из внутреннего и внешнего листов, сваренных на поперечных ребрах кронштейнов, которые устанавливаются в резиновых упругих элементах, смонтированных на раме. Мембранные гидравлические вибраторы расположены в центре приводной сек-

Рис. 17. Малогабаритные вибрационные конвейеры с гидравлическим приводом:
а — уравновешенный с гидропульсаторным вибратором; *б* — уравновешенный с мембранным вибратором; *в* — неуравновешенный с мембранным вибратором



ции между упругими элементами и установлены под углом вибрации. Линейные секции по своему устройству подобны приводной, но не имеют вибраторов. Питание вибраторов рабочей жидкостью может осуществляться от гидропульсатора или насоса с постоянной подачей, оснащенного системой принудительного прерывания потока или автоколебательным золотником.

Рассмотренные виброконвейеры характеризуются высоким коэффициентом полезного использования поперечного сечения става.

Новинкой в области привода малогабаритных конвейеров является эксцентриковый вибратор с упругим эксцентриком, выполненным из резины. Конструкция привода разработана

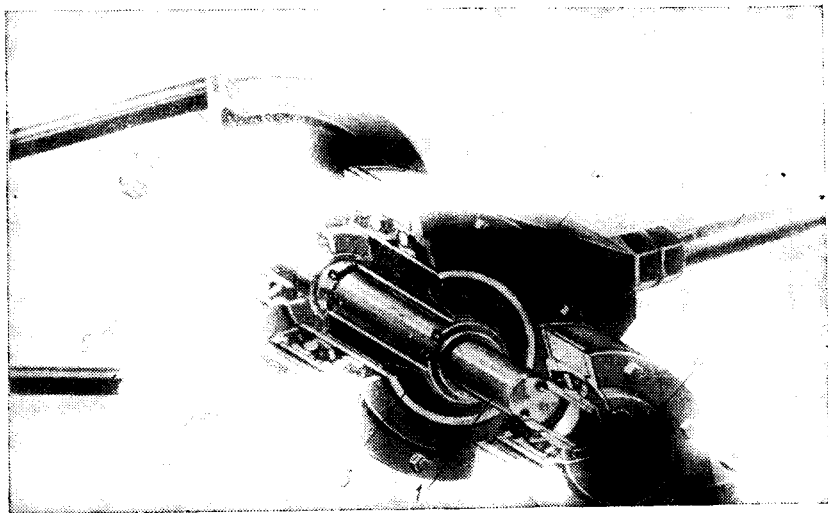


Рис. 18. Вибратор с упругим эксцентриком

ВНИИПТМАШем. Вследствие того, что жесткость упругой системы привода (эксцентрика) меняется за один оборот вала по заданному закону, наряду с обычными в системе возбуждаются параметрические колебания. Работа конвейера в режиме параметрических колебаний отличается высокой устойчивостью, что чрезвычайно важно при работе установки в условиях переменных нагрузок. Приводной вал 1 (рис. 18) привода с упругим эксцентриком установлен в опорах 2 с роликоподшипниками; упругий эксцентрик 3 помещен в средней части вала между опорами. На нем с помощью двух шарикоподшипников смонтирован корпус шатуна 4. Привод вала осуществляется клиноременной передачей через ступенчатый шкив 5. Упругие эксцентрики выполняются либо монолитными, либо с отверстиями, что увеличивает диапазон изменения их жесткостей. Шатун 6 соединяется с грузонесущим органом конвейера.

Для применения в условиях шахт весьма перспективными являются вибрационные конвейеры со свободными возбуждающими массами, распределенными равномерно по всему ставу. Эти конвейеры отличаются компактностью конструкции, могут быть установлены или подвешены в любом месте на виброизолирующих упругих элементах, обеспечивают исключительно стабильное транспортирование различных насыпных грузов и сравнительно высокие скорости при транспортировании на подъем. Вследствие того что возбуждающие массы распределены равномерно по длине грузонесущего органа, уровень паразитных его колебаний оказывается значительно более низким, чем у вибрационных транспортирующих машин обычного типа. Так, например, при транспортировании мелкодисперсных материалов на обычных вибро-транспортирующих установках процесс перемещения настолько нарушается упругими колебаниями грузонесущего органа, что на практике такие грузы почти не могут перемещаться вибротранспортом. Вместе с тем проведенные исследования показали, что вибрационные конвейеры со свободными реактивными массами успешно перемещают и такой трудно транспортируемый материал, как угольный штыб.

На принципе установок со свободными возбуждающими массами разработаны передвижные вибрационные конвейеры для уборки породы при проходке (рис. 19,а) и переносные вибрационные конвейеры для горноспасательной службы (рис. 19,б). Передвижной конвейер состоит из желоба, к которому по бокам на рессорах прикреплены возбуждающие грузы. Желоб на резиновых подвесках устанавливается на раме. Спаренные инерционные вибраторы расположены по бокам грузонесущего органа. Рама конвейера перемещается на пневматических ходовых колесах. В зависимости от необходимой высоты подъема породы погрузочная установка может состоять из одного (см. рис. 19,а схема 1) или двух (схемы 2 и 3) последовательно установленных виброконвейеров. Погрузка может осуществляться как на конвейер, так и в вагонетки. Переносные вибрационные конвейеры монтируются на легкой трубчатой раме, которая может устанавливаться на почву без специального крепления (рис. 19,б). Привод конвейера в виде инерционного вибратора типа самобаланс расположен на грузочном конце. Возбуждающие массы установлены на рессорах под грузонесущим органом и на вибраторе. Грузонесущий орган подвешен к раме на резиновых жгутах.

Широкое применение имеют вибрационные конвейеры с эксцентриковым приводом конструкции ВНИИПТМАШа. По принципиальному устройству они представляют собой одномассные неуровновешенные и уравновешенные установки, двухмассные виброизолированные с реактивной рамой или двумя грузонесущими органами, двухмассные с продольным уравновешиванием колеблющихся масс и трехмассные виброизолированные с продольным и полным уравновешиванием колеблющихся масс. Конвейеры неуровновешенной системы наиболее просты в конструктивном от-

ношении. К числу этих устройств относятся конвейеры КВЖГ200, КВЖГ200МП, ВКМ20.

В конвейерах типа КВЖГ первого выпуска грузонесущий орган установлен на раме, в модернизированных установках грузонесущий орган расположен внутри рамы, что позволяет снизить высоту конвейера. Модернизированный конвейер состоит из несущей рамы, выполненной из швеллеров; вдоль нее с определенным шагом установлены кронштейны для крепления резиновых упру-

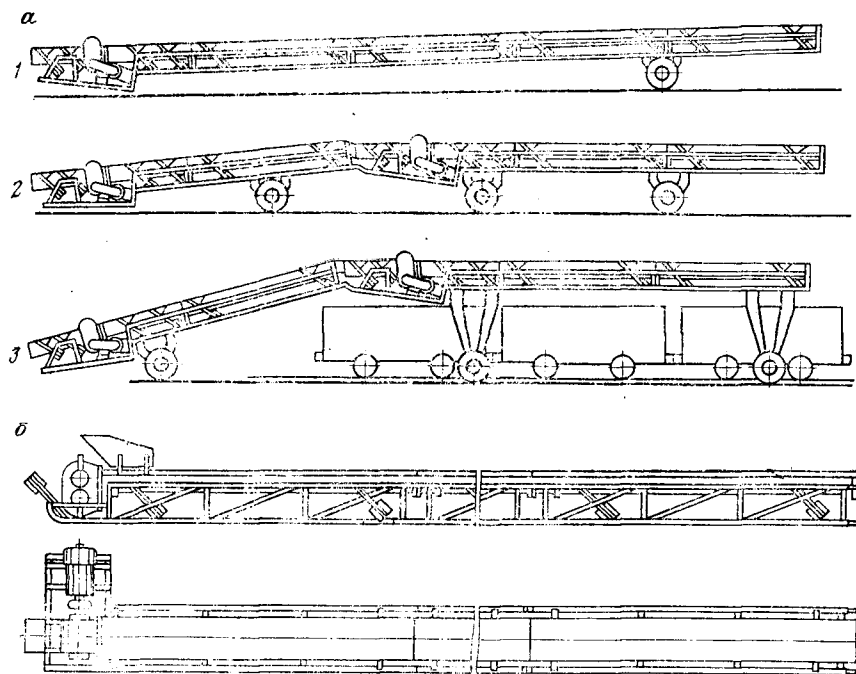


Рис. 19. Вибрационные конвейеры со свободными возбуждающими массами эксцентриковым приводом:

а — передвижные конвейеры; б — переносной конвейер.

гих элементов. Грузонесущий орган имеет желобчатый профиль и для устранения пыления оборудуется плотно закрывающейся крышкой. Желоб на болтах крепится к поперечным пустотелым литым кронштейнам, которые зажимаются в раме между резиновыми упругими элементами. Рама на стойках крепится к фундаменту. Привод, установленный в конце конвейера с загрузочной стороны грузонесущего органа, имеет один шатун с резинометаллическим шарниром. На одном из концов эксцентрикового вала установлен шкив, на другом — маховик. Электродвигатель расположен над приводом и соединен с эксцентриковым валом клиноременной передачей.

К одномассной конструкции относится также вибрационный конвейер ВКМ20. Для удобства эксплуатации в шахтных условиях конвейер выполнен разборным и состоит из одной приводной и комплекта линейных секций. Приводная секция представляет собой усиленную линейную секцию с эксцентриковым приводом и электродвигателем. На раме приводной секции смонтированы электродвигатель (в целях уменьшения габаритов и массы установки принят быстроходный электродвигатель), редуктор и эксцентриковый механизм, выполненный в виде барабана. Редуктор одноступенчатый с передаточным отношением около двух. Барабан установлен на подшипниках качения на эксцентриковом валу (эксцентриситет 5 мм), который монтируется также на подшипниках качения, расположенных с одной стороны в корпусе редуктора, с другой — в специальном корпусе, закрепленном на раме. На барабане закреплены два шатуна, соединяющиеся резиновыми втулками с рештаком, который крепится к раме на четырех шатунах с резиновыми втулками. Опорные шатуны расположены под углом 60° к горизонту, шатуны приводного барабана — перпендикулярно к ним, что обеспечивает колебания грузонесущего става с углом вибрации 30° . Линейные секции состоят из рамы и рештака, соединенных между собой наклонно установленными шатунами с запрессованными резиновыми втулками, работающими на кручение. Приводная и линейные секции между собой соединяются болтами.

Конструкция конвейера отличается малыми габаритами: высота приводной секции 325 мм, высота става 270 мм и ширина 470 мм. Конвейер прост в монтаже и демонтаже, сравнительно легок, что облегчает его эксплуатацию в шахтных условиях. Зарезонансный режим работы и применение упругой системы в виде системы рычагов с резиновыми втулками, работающими на кручение, обеспечивают в процессе эксплуатации устойчивую работу при переменных нагрузках, незначительную передачу динамических усилий на опорную раму и предотвращают раскачивание установки при переходе через резонанс. В процессе эксплуатации конвейер раскрепляют стойками, устанавливаемыми на приводной секции и на разгрузочном конце конвейера.

Конвейеры КВЖГ200МП представляют собой продольно уравновешенную конструкцию. Они выполнены из двух грузонесущих органов, расположенных на общей раме. Привод установлен в средней части конвейера на консоли, смонтированной на раме конвейера. Эксцентриковый вал неподвижен, имеет два эксцентрика, развернутых по отношению друг к другу на 180° . Шатуны соединяются с грузонесущими органами резинометаллическими шарнирами и сообщают им противофазные колебания. В процессе транспортирования груз в средней части пересыпается с одного грузонесущего органа на другой.

Уравновешенные конвейеры выполняются также с грузонесущими органами, расположенными один над другим. К этому типу относятся вибрационные конвейеры КВЖГ320. Конвейер состоит

из продольной рамы, в боковинах которой смонтированы попарно с каждой стороны резинометаллические упругие элементы, работающие на сдвиг и удерживаемые металлической арматурой за счет предварительного их поджатия. Грузонесущие органы, выполненные в виде прямоугольных желобов, располагаются один над другим способом закрепления имеющихся на них кронштейнов в резиновых опорах. Рама монтируется на опорных стойках. Привод конвейера располагается с загрузочного конца и сообщает колебания в противофазе одновременно обоим грузонесущим органам. Приводной механизм содержит эксцентриковый вал, установленный в подшипниках качения на опорной раме и приводимый во вращение электродвигателем через клиноременную передачу. Жестко по концам эксцентрикового вала на подшипниках качения располагаются вертикально расположенные шатуны. Свободные концы шатунов через подшипники качения шарнирно под углом 90° соединены с консолью трехплечего рычага. Трехплечий рычаг центральной частью на подшипниках качения крепится к раме. Две его свободные консоли соединены штоками через резиновые кольца с верхним и нижним грузонесущими органами. При вращении эксцентрикового вала трехплечий рычаг совершает качения и через тяги и резиновые прокладки сообщает колебания грузонесущим органам. Конвейер этого типа отличается высокой степенью уравнивания динамических нагрузок, однако имеет повышенные габариты в вертикальном направлении. Существуют и другие модификации вибрационных конвейеров с «двухэтажным» расположением грузонесущих органов. К их числу относятся вибрационные конвейеры ВНИИЦветмет, австрийской фирмы «Л. Биндер» и др.

Вибрационный трубчатый конвейер конструкции ВНИИЦветмет состоит из опорной рамы со стойками, на которые опираются центральные оси шатунов, соединяющие расположенные друг над другом грузонесущие органы. Шарниры шатунов выполняются из резиновых втулок, установленных с предварительным натягом и работающих на сдвиг. Упругая система конвейера выполняется из пластинчатых рессор, расположенных параллельно шатунам с обеих его сторон и соединяющих грузонесущие органы. Конвейер относится к одномассным конструкциям, опирающимся на шарнир в неподвижной точке колебательной системы. Привод осуществляется эксцентриковым вибратором. Эксцентриковый вал вибратора может устанавливаться в подшипниках качения на раме и иметь две пары шатунов, каждая из которых соединена со своим грузонесущим органом. При этом эксцентрики каждой пары шатунов смещены относительно второй пары на угол 180° . Соединение шатунов с грузонесущими органами достигается винтовыми пружинами или резиновыми упругими элементами. Во второй модификации привода эксцентриковый вал устанавливается непосредственно на одном из грузонесущих органов, а шатуны крепятся к другому. Вибрационные конвейеры этого типа передают незначительные колебания на опорные конструкции и обеспечивают ста-

бильную работу при значительной длине става на один привод (до 50 м).

Вибрационные конвейеры с инерционным приводом других конструкций имеют также весьма широкое распространение. В большинстве машин используется привод, создающий прямолинейную возмущающую силу, изменяющуюся по гармоническому закону,— это маятниковые или спаренные мотор-вибраторы, самобалансные вибраторы; в отдельных случаях используются бигармонические вибраторы.

Наиболее простыми в конструктивном отношении являются одноприводные вибрационные конвейеры одномассной системы. Установки просты в настройке и не представляют больших трудностей при расчете и конструировании. Однако недостатками вибрационных конвейеров этой системы являются весьма ограниченная их длина, а также динамическая неуравновешенность и вследствие этого передача значительных вибрационных нагрузок на несущие конструкции. В связи с тем что при резонансной настройке эти нагрузки могут достигать весьма больших значений, одномассные вибрационные конвейеры в основном рассчитываются на зарезонансный режим работы. В этом случае вследствие малой жесткости опорных пружин представляется возможным значительно снизить динамические нагрузки, передаваемые на опорные конструкции. Однако вибрационные зарезонансные конвейеры с инерционными вибраторами обычной конструкции в период пуска и выбега, когда они переходят резонанс, все же создают значительные вибрационные нагрузки. Для устранения этого недостатка используют инерционные вибраторы с выдвжными дебалансами и вибраторы с тормозами. Длина одноприводных инерционных виброконвейеров подвесной конструкции, как правило, не превышает 6 м. Длина инерционных виброконвейеров опорной конструкции несколько больше и в среднем составляет 10—14 м, в отдельных случаях обеспечивается удовлетворительная работа вибрационных конвейеров опорной конструкции при длине до 35 м.

Широко используются многомассные инерционные виброконвейеры, которые могут выполняться полностью уравновешенными. Среди них наибольшее распространение получили вибрационные конвейеры двухмассной системы. Двухмассный вибрационный конвейер состоит из рабочего органа, инерционного вибратора, рабочей упругой системы и вспомогательных или амортизирующих пружин. В качестве реактивной массы может служить сам вибратор либо специальная тяжелая рама.

Двухмассные инерционные виброконвейеры представляют большие возможности в отношении обеспечения динамического уравновешивания. Частичное или полное уравновешивание вибрационного конвейера обеспечивается соответствующим подбором массы колеблющихся частей и жесткости рабочих пружин. Это открывает широкие перспективы создания быстроходных высокопроизводительных вибрационных конвейеров с инерционным приводом.

При этом из-за резонансной настройки и динамической уравниваемости колеблющихся масс увеличивается длина грузонесущего органа на один привод.

Еще большее увеличение длины конвейера может быть обеспечено при установке на нем нескольких вибраторов, т. е. в многоприводной установке. Однако на практике обеспечение синхронной и синфазной работы большого числа инерционных вибраторов на одном жестком грузонесущем органе представляет трудности. Поэтому при возникновении необходимости большой длины транспортирования используют во многих случаях одноприводные конвейеры, установленные в цепочку и соединенные между собой эластичными муфтами.

Одномассные вибрационные конвейеры опорной конструкции могут иметь длину на один привод до 30—35 м. Грузонесущий орган таких конвейеров обычно устанавливается на стальных или стеклопластиковых пластинчатых рессорах, расположенных перпендикулярно к направлению колебаний. Такая упругая система гарантирует весьма точное поддержание угла вибрации в заданных пределах. Жесткость упругой системы подбирается из условия работы вибрационного конвейера в далекозрезонансном режиме. Небольшая поперечная и весьма значительная продольная жесткость рессор способствует устранению нежелательных поперечных колебаний грузонесущего органа. Для того, чтобы разгрузить рессорную упругую систему от восприятия массы грузонесущего органа и обеспечить их расположение в нейтральном положении, грузонесущий орган поддерживается вертикальными предварительно сжатыми или горизонтальными предварительно растянутыми винтовыми пружинами. Поскольку упругая система передает довольно значительные нагрузки на опорные конструкции, вибрационные конвейеры этого типа обычно устанавливаются на достаточно массивном фундаменте. Вследствие того, что рессорная упругая система испытывает в процессе работы небольшие напряжения, она обладает достаточно высокой долговечностью.

Обычно рессоры изготавливаются из пружинной стали, стеклопластика и других синтетических материалов. Возмущающая сила вибратора может действовать вдоль грузонесущего органа или в направлении его колебаний. В первом случае вибратор устанавливается обычно в конце конвейера, во втором — в центре таким образом, чтобы линия действия возмущающей силы проходила через центр масс системы. При приложении возмущающей силы вдоль грузонесущего органа на нем уменьшаются нежелательные поперечные колебания, однако при этом требуется увеличивать возмущающую силу вибратора и учитывать несколько возрастающие нагрузки на фундамент.

В ГДР объединением «Такраф» выпускается ряд типоразмеров вибрационных конвейеров этого вида с трубчатым и лотковым грузонесущими органами. Грузонесущий орган такого конвейера сборный и состоит из четырех продольных швеллеров и зажатого между ними днища V-образной формы. Такая конструкция днища

грузонесущего органа допускает простую его замену в случае износа. Грузонесущий орган через пластинчатые рессоры опирается на несущую раму, выполненную из уголков. Инерционный вибратор типа самобаланс устанавливается на загрузочном конце грузонесущего органа и сообщает ему продольные колебания.

Разработана конструкция инерционного привода, сообщающего продольные колебания грузонесущему органу. Приводная секция конвейера выполняется независимой и соединяется с грузонесущим органом фланцами и болтами. Приводная станция опирается на несущую раму на восьми рессорах. Для восприятия массы колеблющихся частей приводной секции применены винтовые пружины, установленные в направлении колебаний. Вибратор крепится к загрузочной трубчатой части конвейера с помощью рамы и хомутов. Дебалансы вибратора находятся вне корпуса, что облегчает доступ к ним и регулировку их массы. Выпускается инерционный виброконвейер с вибратором, установленным в середине грузонесущего органа под углом к его оси. В этом случае используется вибратор того же типа; дебалансы его закрыты защитными кожухами. Вибратор крепится к грузонесущему органу на кронштейне с хомутами. Вращение вибратору от электродвигателя передается через клиноременную передачу.

В условиях эксплуатации, когда недопустима передача значительных динамических нагрузок на опорные конструкции или не представляется возможным создать достаточно массивный фундамент, находят применение вибрационные конвейеры виброизолированной конструкции. Для осуществления виброизоляции конвейеры одномассной конструкции устанавливаются на тяжелую раму, опирающуюся на несущие конструкции через мягкие амортизирующие упругие элементы. Таким образом, конвейер приобретает двухмассную систему. В вибрационных конвейерах в отличие от одномассных систем проблема снижения нежелательных колебаний при переходе системы через резонанс в процессе выбега решается иначе. В этом случае установка тормозов между рабочей и реактивной массами не дает уже желательного эффекта, так как на выбеге система колеблется как единое целое и между массами отсутствует относительное перемещение. В двухмассных вибрационных конвейерах обычно устанавливается тормозной двигатель, который практически полностью исключает нежелательное возрастание колебаний при выбеге.

Для доставки на небольшие расстояния (до 6 м) находят применение инерционные виброконвейеры подвесной конструкции. Привод их осуществляется маятниковыми спаренными или синхронизируемыми мотор-вибраторами. При этом для получения необходимой направленности колебаний грузонесущего органа линия действия возмущающей силы вибратора должна проходить через центр инерции колеблющейся массы и быть направленной под заданным углом к направлению транспортирования. В соответствии с этим мотор-вибраторы располагаются над грузонесущим органом, под ним или по бокам.

4. ПОДЪЕМ ИЗ КАРЬЕРА ЦЕПНЫМ КОВШОВЫМ КОНВЕЙЕРОМ

В карьерах большой глубины, в которых выдача горной массы на поверхность средствами циклического транспорта — автосамосвалами или железнодорожными составами — с увеличением глубины разработок становится неэффективной, применяется наиболее часто подъем ленточными конвейерами, устанавливаемыми в наклонных стволах. В отдельных случаях используется также вертикальный, а при устойчивых бортах карьера — наклонный скиповый подъем.

Применение наклонного конвейерного и вертикального скипового подъема связано с необходимостью выполнения большого объема горно-строительных работ — прохождением и креплением длинных и имеющих значительное поперечное сечение горных выработок. Этому недостатка не имеет разработанный японской фирмой «Шинко Кико» вертикальный ступенчатый устанавливаемый в самом карьере ковшовый конвейерный подъем с шарнирно-подвесными, закрепленными на двухцепном тяговом органе ковшами (рис. 20,а).

Конвейер, имеющий Z-образную форму, состоит из вертикальной подъемной части и примыкающих к ней сверху и снизу горизонтальных участков — нижнего короткого для погрузки в ковши и верхнего более длинного для образования ступени, а на верхнем конвейере — для соединения с бортом карьера и разгрузки на поверхность.

На горизонтальных участках ковши располагаются вплотную один к другому, и во избежание просыпи при погрузке небольшая щель между ними перекрывается отбортованными краями либо уплотнительными резиновыми полосами, что дает возможность применять на погрузочном пункте питатель непрерывного действия.

Высота конвейера на каждой ступени, практически не превышающая 60 м, ограничивается как прочностью цепного тягового органа, так и технологией ведения горных работ, с которой связано требование возможного уменьшения разности уровней между рабочим горизонтом и пунктом погрузки на конвейер с целью уменьшения пробега автомобильного транспорта в карьере.

На всем контуре конвейера ковши движутся параллельно самим себе и опорожняются опрокидыванием на нижней ветви горизонтального участка при наезде на разгрузочную шину (рис. 20,б).

Горные работы в карьере ведутся в следующей последовательности. С верхних горизонтов горная масса вывозится из карьера автомобильным или другим видом карьерного транспорта. Затем в выемке у борта карьера монтируется первый (верхний) конвейер, к его погрузочному пункту подводится автомобильный съезд, и он включается в эксплуатацию. При дальнейшем опускании рабочего горизонта аналогичным образом монтируются и пооче-

редно включаются в действие второй и, если требуется, последующие конвейеры.

Применение системы конвейеров уменьшает высоту подъема карьерным автомобильным транспортом, однако она остается в границах высоты каждого отдельного конвейера. Чтобы избежать этого и приблизить по высоте погрузочный пункт конвейера к рабочему горизонту, той же фирмой разработана конвейерная система с передвижным по высоте погрузочным пунктом, следующим за опусканием горных работ и устанавливаемым в непосредственной близости от рабочего горизонта. Для этого рядом с основной

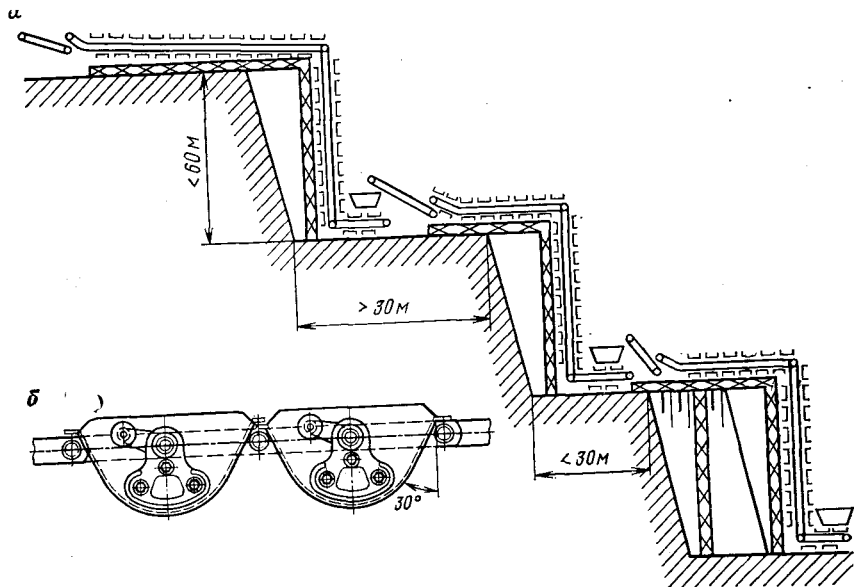


Рис. 20. Схема карьерного подъема ковшовыми конвейерами

вертикальной металлоконструкцией конвейера устанавливается вторая вертикальная металлоконструкция, служащая для направления, а в некоторые периоды и для удержания платформы, несущей оборудование приемной части конвейера. Платформа висит на цепях, перекинутых через блоки и закрепленных на тележке, перемещаемой в определенном диапазоне длины по уложенным на горизонтальной ферме рельсам. Тележка удерживается канатом лебедки и постепенно опускает приемную часть конвейера по мере понижения рабочего горизонта. Перед началом нового цикла работ цепи конвейера удлиняются. Затем цикл постепенного опускания приемной части конвейера возобновляется.

Рабочая скорость на конвейере во избежание большой неравномерности хода и возникновения больших динамических нагрузок на цепи и раскачивания ковшей принимается обычно в преде-

лах 0,3—0,4 м/с. Этим ограничивается и производительность конвейера, а разрывным усилием цепей — его высота.

Типовой ковшовый конвейер при производительности комплекса 1,8 млн. м³/год или при 6000 ч работы в год 300 м³/ч характеризуется следующими данными: шаг цепей 1000 мм, геометрический объем ковша 288 л, скорость цепей 0,315 м/с, наибольший размер кусков рядового груза 320 мм, наибольшая высота подъема при насыпной плотности груза 1 т/м³ (уголь) 50 м. В проекте фирмы указывается высота до 63 м.

Если ориентироваться на стандартные, а не на специальные тяговые цепи, то при большой требующейся производительности конвейерного подъема или большой насыпной плотности груза (порода, руда) высота каждой отдельной секции конвейера соответственно уменьшается, так что, например, при глубине карьера 150 м потребовалось бы установить последовательно четыре-пять ставсов, что вряд ли целесообразно. Кроме того, с учетом ограничений по крупности кусков груза необходимо в карьере использовать дробилку. По указанным причинам снижается эффективность применения ковшовых конвейеров в качестве подъемных из карьера.

К преимуществам системы карьерного конвейерного подъема надо отнести небольшой объем требующихся горно-строительных работ и короткие сроки ввода карьера в эксплуатацию на полную мощность.

5. ЛЕНТОЧНЫЙ КОВШОВЫЙ ЭЛЕВАТОР-ШАХТНЫЙ ПОДЪЕМНИК

Ковшовые вертикальные и наклонные элеваторы с цепным или ленточным тяговым органом относятся к весьма распространенному, отработанному виду транспортных устройств. Цепные элеваторы, имеющие не превышающую 1,2—1,5 м/с скорость и ограниченную продольную прочность цепей, применяются при небольшой требующейся производительности и высоте подъема обычно до 50 м (например, на обогатительных фабриках).

Ленточные элеваторы с более прочным тяговым органом допускают большие скорости, например 2 м/с, а при транспортировании легких сыпучих грузов еще более высокие. Производительность таких ковшовых элеваторов доходит до 4000 м³/ч, высота — до 80—90 м и выше.

Тип применяемой ленты — с тканевым каркасом. Для крепления ковшей в ленте предусмотрены отверстия под болты с широкой и конусно-тарельчатой головкой, располагающейся заподлицо с поверхностью ленты (рис. 21,а). В более поздних конструкциях между лентой и задней стенкой ковша имеется фасонная прокладка из мягкой резины, препятствующая попаданию в пространство между лентой и ковшом частиц перемещаемого груза (рис. 21,б). Начато применение нового крепления ковшей, исключающего от-

верстия в ленте (рис. 21, а). Оно состоит из привулканизированного во всю ширину ленты фасонного резинового элемента с выступающими головками, с металлической арматурой, имеющей отверстия под болты. К преимуществам крепления этого вида относятся также его эластичность и возможность деформации при огибании барабана. Крепление ковшей к резинотросовой ленте сквозными болтами возможно в специальных лентах с продольными просветами, не занятыми тросами. Такое крепление

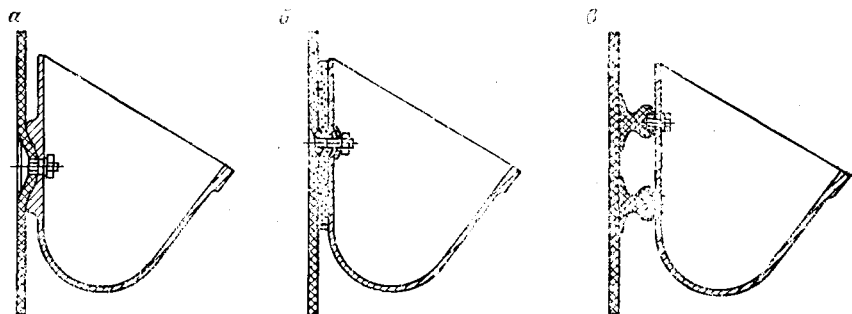


Рис. 21. Виды крепления ковшей к ленте

уменьшает продольную прочность ленты при тросах того же диаметра.

Применяется и способ крепления ленты болтами с плоскозаостренными концами, раздвигающими щель при навеске ковшей. При использовании резинотросовых лент прочностью 5400 Н/мм ширины элеваторы могут иметь высоту до 300 м.

Из сравнения ленточных элеваторов с цепными следует, что они, например, при высоте подъема в несколько десятков метров имеют вдвое меньшие массу и стоимость, значительно меньшие поперечные размеры в плане и надежнее в эксплуатации. Оптическим способом могут определяться целостность проволок тросов и состояние ленты.

Ниже приводятся данные о производительности ($\text{м}^3/\text{ч}$) типовых ленточных элеваторов в зависимости от ширины ковша (мм) и коэффициента его наполнения ψ .

Ширина ковшей, мм . . .	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1200	1600
Производительность, $\text{м}^3/\text{ч}$:											
при $\psi=0,9$	30	42	67	97	150	220	350	465	780	1110	1560
при $\psi=0,75$	24	35	56	81	126	183	240	405	650	930	1300

Благоприятные результаты, достигнутые при эксплуатации ленточных (а также канатных) элеваторов, открыли возможности применения их в качестве шахтного подъемника на угольных пред-

приятнях. К ленте таких подъемников предъявляются требования отсутствия серповидности и строгой ее направленности при огибании головного и хвостового барабанов. Для этого головной барабан выполняется бочкообразной формы и футеруется резиной. Хвостовой барабан изготавливается с решетчатой поверхностью для пропуска внутрь и отвода в сторону частиц груза, попавших между лентой и барабаном, внутри барабана закрепляются два конуса, по которым частицы высыпаются наружу.

Специальной конструкции устраивается погрузочное устройство шахтного ковшового элеватора (рис. 22). Для предотвращения износа ковшей при загрузке башмак выполняется с наклонным днищем, по которому попавшие в него частицы скатываются в башмак стоящего рядом короткого вспомогательного ковшового элеватора, подающего материал снова на ленту питающего элеватора конвейера. Благодаря этому обеспечивается наиболее благоприятный режим погрузки в ковши — засыпкой груза, а не зачерпыванием его из башмака.

Особый вид ковшового элеватора с усовершенствованными процессами погрузки и разгрузки ковшей представлен на рис. 23. Элеватор имеет Z-образную форму с горизонтальными верхним и нижним участками, так что подача насыпного груза в нижней части происходит, как на ленточный конвейер, и ковши заполняются при переходе на вертикальный участок. Разгрузка ковшей происходит таким же образом, как на ленточном конвейере при огибании головного барабана.

Для обеспечения огибания лентой переходных участков на них установлены парные шкивы, барабан и батарея роликов, а лента армирована сообщающими ей поперечную жесткость стержнями и имеет с обеих сторон свободные края. Такой ковшовый элеватор при скорости ленты 3 м/с может иметь производительность до 1500 м³/ч и высоту до 300 м, крупность кусков сортированного груза до 100 мм [13].

Сравним характеристики шахтного двускипового подъема и ленточного ковшового элеватора при следующих параметрах шахты: производительность угольной шахты $Q_r = 2$ млн. т/год, глубина $H = 500$ м.

При работе шахты в три смены с продолжительностью смены 6 ч расчетная часовая производительность подъема $Q = 367$ т/ч.

Скиповой подъем по данным Центрогипрошахта для расчетной высоты $H' = 564$ м имеет следующие параметры: вместимость скипа $V = 11$ м³, масса груза (угля) в скипе $G = 8,1$ т, масса скипа $G_0 = 8,1$ т, диаметр каната $d_k = 47,5$ мм и масса его $q_k = 8,4$ кг/м, средняя скорость скипа $v_{cp} = 7,11$ м/с и максимальная $v_{max} = 11$ м/с, диаметр барабана подъемной машины $D_6 = 5000$ мм и ширина его $B_6 = 2000$ мм, расчетная мощность двигателя подъемной машины $N_p = 1370$ кВт, принятая $N = 1000$ кВт.

Ленточный ковшовый элеватор для той же производительности $Q = 367$ т/ч, но для несколько меньшей высоты подъема $H = 510$ м с учетом, что погрузка в ковши производится ниже горизонта око-

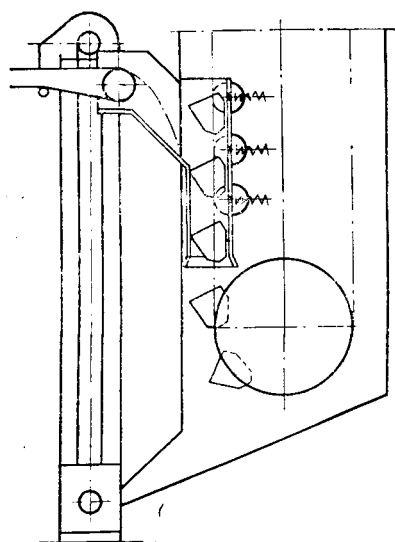


Рис. 22. Погрузочное устройство шахтного ковшового элеватора

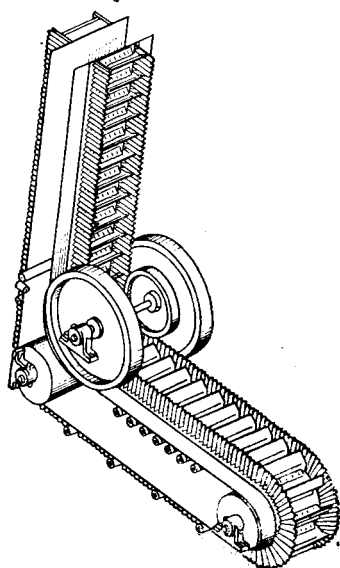
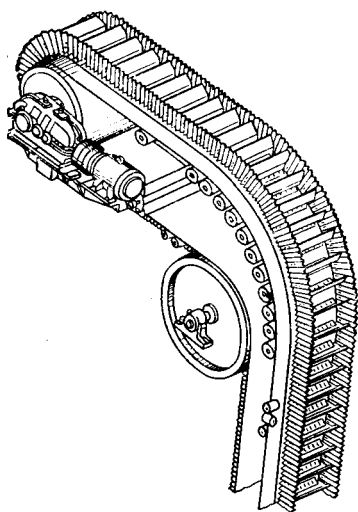


Рис. 23. Ленточный ковшовый элеватор Z-образной формы

лоствольного двора всего на 2—3 м, а разгрузка выше уровня поверхности на 4—6 м, имеет скорость ковшовой ленты $v=1,6$ м/с, коэффициент заполнения ковшей $\psi=0,9$ и насыпную плотность угла $\gamma=1$ т/м³. При этом $q = \frac{Q}{3,6v} = \frac{i_0}{a}$ γ; $\psi = 62$ кг/м; $\frac{i_0}{a} = 70$ л/м и по ГОСТ 2036—77 $i=28$ л. Ширина ковша $B_k=1000$ мм, вылет $A=$

≈ 400 мм и допустимый размер наибольшего куска рядового угля $a_{\max} = 120 \div 140$ мм.

При комбайновой выемке в лаге крупность угля удовлетворяет этому условию, однако ввиду возможности содержания в общей массе угля более крупных кусков в околострольном дворе должна быть установлена дробилка с грохотом для дробления этих кусков.

Принимаем для элеваторного подъема высотой 500 м ленту РТЛ-6000, при ширине 1200 мм ее масса $q_d = 57$ кг/м, масса ковшей $q_k = 37$ кг/м.

Наибольшая возможная высота подъема на ленточном элеваторе с лентой этого типа при запасе прочности в ленте $K = 9$ и отсутствии ослабления ленты креплениями ковшей

$$H'' = \frac{6000B}{(q + q_d + q_k)K} = \frac{6000 \cdot 1200}{10(62 + 57 + 37)9} = 510 \text{ м},$$

т. е. высота шахтного подъема $H = 500$ м с указанными параметрами обеспечивается.

Расчетная мощность двигателей на приводном барабане элеватора

$$N = \frac{QH}{367\eta} = \frac{367 \cdot 510}{367 \cdot 0,85} = 595 \approx 600 \text{ кВт}.$$

Диаметр приводного и хвостового барабанов принимаем $D_b = 1600$ мм, ширина $B = 1400$ мм.

Площадь в плане скипа вместимостью 11 м³ 1230×1980 мм², габаритные размеры в сечении подъемного ствола двух скипов $6 \times 3 = 18$ м², габаритные размеры в поперечном сечении ковшового элеватора $3 \times 1,6 = 4,8$ м².

Таким образом, элеваторный подъем по сравнению со скиповым требует меньшей мощности двигателей в $(1370 : 600) = 2,3$ раза, меньшей площади в подъемном стволе шахты в $(18 : 4,8) = 3,9$ раза, не требует в околоствольном дворе и на поверхности сложных и громоздких приемно-перегрузочных устройств, имеет на поверхности вместо копра высотой 60—70 м и здания подъемной машины опорную металлоконструкцию высотой не более 6—8 м для размещения на ней головного барабана и механизма привода элеватора.

В противоположность скиповому подъему ковшовый элеватор действует непрерывно и автоматически и не требует управления. При конвейерном транспорте в шахте и на поверхности ковшовый элеватор вписывается как промежуточное звено конвейерной линии в общую систему поточного шахтного транспорта. Все это дает основание рекомендовать ленточный ковшовый элеватор как средство подъема из угольной шахты при практически неограниченной производственной мощности шахты и глубине ее до 300 м. Однако с дальнейшим повышением производственной мощности уменьшается предельная высота подъема.

6. ШАХТНЫЕ СПИРАЛЬНЫЕ СПУСКИ

Шахтные спиральные спуски находят применение в слепых стволах для вертикального перемещения вниз угля и в вертикальных выработках с выходом на поверхность для спуска в шахту закладочных материалов. Они также закрепляются внутри бункера во избежание свободного падения погружаемого в бункер транспортируемого материала.

Нередко перемещение угля и закладочных материалов сочетается с их краткосрочным бункерованием в нижней части вертикальной выработки перед погрузкой на средства транспорта на нижнем горизонте.

Высота спиральных спусков для угля составляет обычно несколько десятков или несколько сотен метров, а для закладочной породы достигает в отдельных случаях 1000 м.

Диаметр типовых спиральных спусков для угля составляет 800—1800 мм, а в случае сочетания с бункерованием, при креплении спирали внутри бункера,— до 3 м и более. Типовые спиральные спуски для мелкой закладочной породы закрепляются в вертикальной трубе малого диаметра.

Диаметр спирального спуска принимается в основном в зависимости от требуемой пропускной способности, а также с учетом крупности частиц перемещаемого материала, возрастая с увеличением того и другого. Для установления диаметра спирального спуска для угля можно руководствоваться данными:

Пропускная способность, м ³ /ч	500	800	1100	1800
Диаметр спуска, мм	1050	1250	1450	1650

Угол наклона спирали на спуске для угля принимается обычно равным 22°, при этом скорость движения угля по спирали не превышает 2—3 м/с, в результате чего измельчение угля при спуске незначительно. На спусках для породы угол наклона спирали принимается до 37° и движение породы происходит с большей скоростью.

В угольных шахтах спиральный спуск в сочетании с промежуточным буферным цилиндрическим бункером (рис. 24) краткосрочного хранения устанавливается на стыке конвейерной доставки на рабочем горизонте и локомотивного транспорта на нижнем откаточном горизонте.

Аналогичного назначения установка на крупной угольной шахте, состоящая из двух расположенных один под другим оснащенных спиральными спусками бункеров с двумя подающими от них уголь на погрузочный пункт наклонными конвейерами, показана на рис. 25. По верхней выработке 1 уголь с двух сторон подается к оснащенному двумя спиралями верхнему распределительному бункеру 2 и из него верхним наклонным конвейером транспортируется к погрузочному пункту на локомотивный транспорт. В периоды повышенной добычи шахты при переполнении распределительного бункера углем происходит пересыпание его через рас-

положенную сверху внутри бункера воронку 5 на третью спираль, передающую уголь в нижний резервный бункер большей вместимости. Для этого третья спираль через стенку распределительного бункера выведена наружу и введена внутрь резервного бункера. Из него в периоды сниженной добычи уголь нижним наклонным

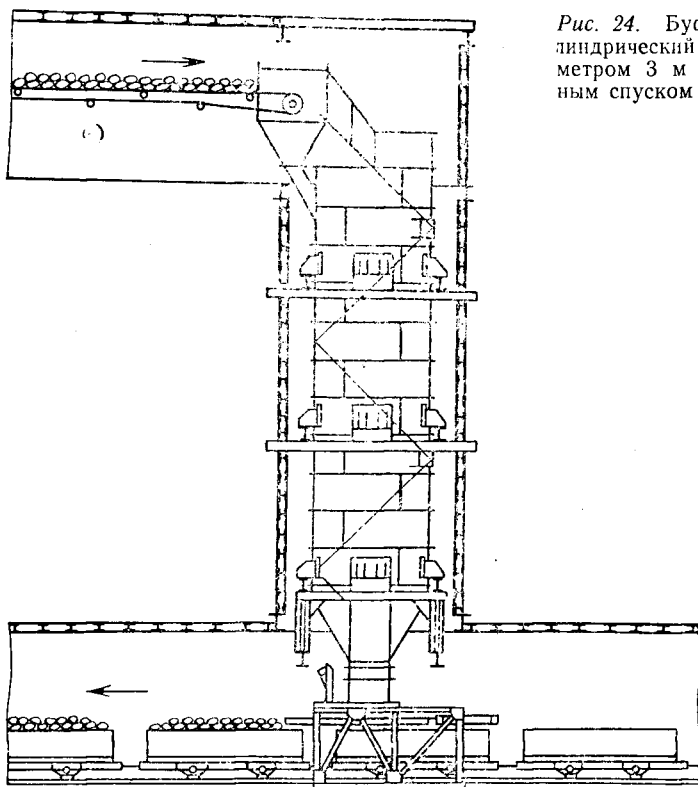


Рис. 24. Буферный цилиндрический бункер диаметром 3 м со спиральным спуском

конвейером доставляется к погрузочному пункту локомотивного транспорта. Наличие спиральных спусков в обоих бункерах гарантирует от переизмельчения угля при хранении его и передаче на погрузочный пункт.

Сохранность крупности угля при транспортировании его по спиральным спускам, автоматичность и надежность действия, а также конструктивная простота и несложность наблюдения и ухода являются преимуществами спиральных спусков перед другими видами вертикального вниз транспортирования. Недостаток спиральных спусков при перемещении по ним содержащего породу угля и в особенности абразивных закладочных материалов — износ спирали. Для увеличения срока службы спирали футеруются сменными плитками из износостойких материалов, например из

плавленого базальта, марганцовистой стали, отбеленного чугуна и пр. Весьма важна очень точная укладка и пригонка плиток друг к другу во избежание образования ступенек, создающих трамплин при движении по спирали материала с большой скоростью.

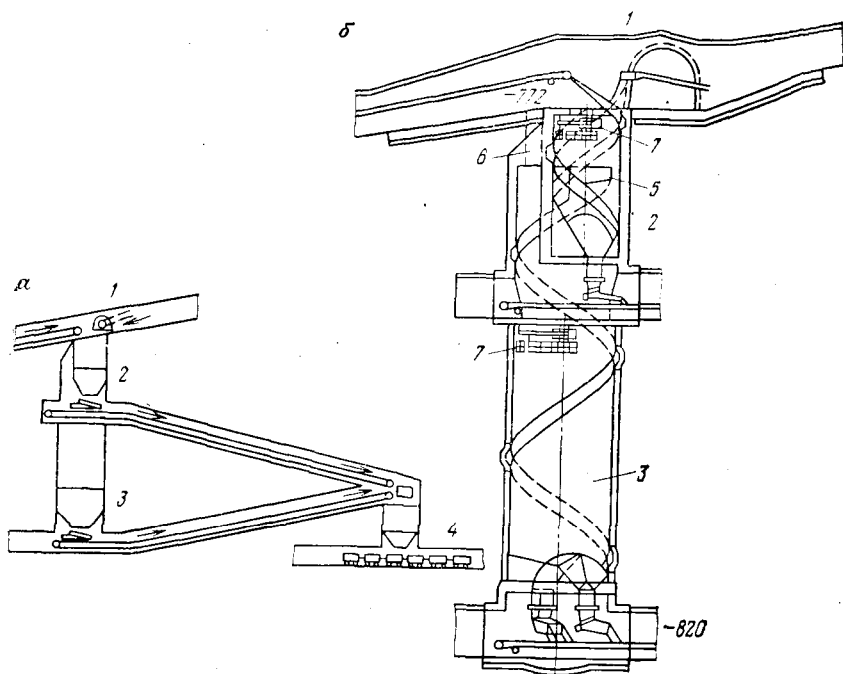


Рис. 25. Подземный центральный перегрузочный пункт с бункерами, оборудованными спиральными спусками:

а — общая схема установки; б — продольный разрез по бункерам; 1 — конвейерная выработка; 2 — распределительный бункер; 3 — резервный бункер; 4 — погрузочный пункт; 5 — приемная перепускная воронка; 6 — вентиляционная труба; 7 — рабочий полук

7. КАРЬЕРНЫЕ ПОГРУЗОЧНЫЕ МАШИНЫ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ ДЛЯ СКАЛЬНЫХ ПОРОД

В настоящее время стала общепризнанной эффективность развития механизации открытых разработок (как и подземных) с помощью оборудования непрерывного действия. На карьерах это относится к процессам выемки, погрузки и транспорта как полезного ископаемого, так и вскрышных пород. Для разработки мягких и средней крепости горных пород созданы высокопроизводительные и надежные средства поточной механизации — роторные и цепные многоковшовые экскаваторы, ленточные конвейеры и консольные и мостовые отвалообразователи (отвальные мосты).

Поточная технология и непрерывный транспорт на разработках скальных вскрышных пород и руд буровзрывным способом используются только после дробления горной массы в карьерных дробилках.

Некоторый корректив в систему карьерного транспорта вносит создание новых типов ленточных конвейеров — ленточно-тележечного и на подвесных податливых роlikоопорах, дающих возможность перемещения крупнокузовых скальных грузов, однако и в этом случае погрузка горной массы в забое, выполняемая, как правило, одноковшовыми экскаваторами, остается цикличной.

Создание карьерной забойной погрузочной машины непрерывного действия делает возможной погрузку как в самосвалы или железнодорожные вагоны, так и на конвейер специального типа

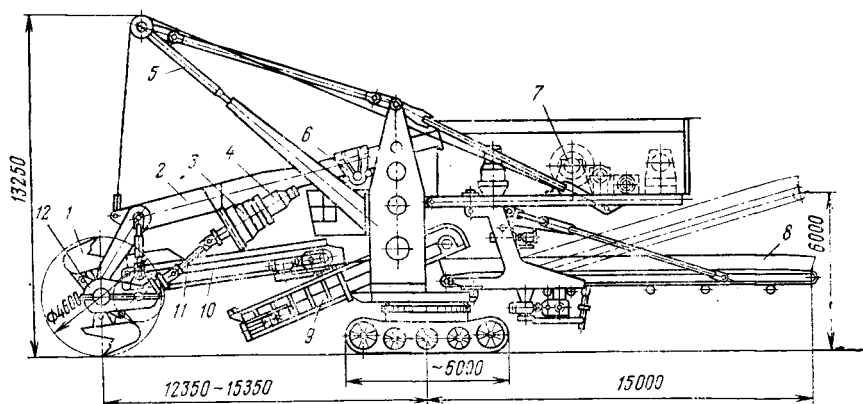


Рис. 26. Общий вид погрузочной машины с двухковшовым ротором (экскаватор ЭРГС-2000)

без необходимости в промежуточном приемном бункере и питателе, чем весьма упрощается транспортный комплекс.

Из нескольких предложенных и частично осуществленных типов погрузочных машин для скальных пород [15] наиболее соответствующими условиям эксплуатации в карьерах надо считать машины двух типов — с рабочим органом в виде двухковшового ротора (ЭРГС-2000) и в виде парных нагребающих лап с верхним нагребающим гребком или гребковым ротором.

Рассмотрим оба типа машин.

Рабочее оборудование машины ЭРГС (рис. 26), помимо двухковшового ротора 1 состоит из рукояти 2, электромеханического привода ротора 4, механизма напора 6, механизма подъема 7, приемного конвейера 10, промежуточного конвейера 9, разгрузочного конвейера 8. Рукоять в роторной части подвешена к двуноге 5, а опорной частью опирается на реборды кремальных шестерен механизма напора. Привод ротора рассредоточен на две ступени: тихоходные шестерни 12 насажены на вал ротора, а быстро-

ходные 3 — на балки рукояти. Обе ступени соединяются между собой карданными валами 11.

Для уменьшения высоты падения кусков груза из ковшей на приемный конвейер последний выполнен подвижным, автоматически (2 раза) поднимающимся под разгружающийся желоб ковша при одном обороте ротора. Для этого приемный конвейер с загрузочной стороны шарнирно подвешен к кривошипам, связанным с помощью шестерен с валом ротора, а с разгрузочной катками упирается на раму промежуточного конвейера.

Грузовая ветвь ленты на всех конвейерах движется скольжением по стальному желобу. Для уменьшения абразивного и фрикционного износа лента снабжена специальными утолщенными и износостойкими обкладками.

Механизм поворота с поворотной платформой и ходовая часть машины приняты полностью от типового одноковшового экскаватора. Наряду с экспериментальной машиной ЭРГС-2000 спроектирована полноразмерная машина ЭРГС-2500.

Характеристики экспериментальной машины ЭРГС-2000 и высокопроизводительной полноразмерной машины ЭРГС-2500 приведены ниже [16].

	ЭРГС-2000	ЭРГС-2500
Техническая производительность, м ³ /ч	980	2250
Вместимость ковша, м ³	2	5
Частота зачерпываний, мин ⁻¹	6—10	7,2
Максимальный размер кусков, м	1,4	1,2
Общая установленная мощность электродвигателей, кВт	500	1900
Масса, т	220	650—700

Полноразмерная машина типа МПК 7 (рис. 27) с двумя рабочими органами имеет три электронасосных агрегата мощностью по 200 кВт.

Нижний основной рабочий орган состоит из парных нагребających лап по типу серийно выпускаемых в настоящее время машин типа ПНБ. Верхний нагребающий орган — гребок закреплен на шарнирной стреле, аналогичной стреле гидравлического экскаватора ЭО-6121, с обратной лопатой (но с линейными размерами, превышающими размеры экскаваторной стрелы в 1,6 раза).

Нижний рабочий орган машины МПК7 служит для забора (захвата) взорванной горной массы из навала и нагребания ее на приемную часть наклонного скребкового конвейера, перемещающего ее без перегрузки к разгрузочной головке машины. Верхний рабочий орган служит для разрыхления и сгребания горной массы по поверхности навала к приемному носку машины. Вместо гребка на конце стрелы может быть закреплен вильчатый медленно вращающийся в вертикальной плоскости ротор, производящий те же функции, что и гребок. Стрела закреплена на полноповоротном круге, установленном на ходовой части машины.

Верхний рабочий орган может служить также для сдвигания и удаления негабаритных кусков породы. В невысоких уступах

(ориентировочно до 10 м) машина может работать без верхнего рабочего органа.

Ходовое оборудование машины МПК7 состоит из сварной рамы и четырех гидромотор-колес с бескамерными шинами, включающих высокомоментный гидромотор и встроенный в колесо дисковый тормоз. Передние гидромотор-колеса крепятся непосредственно к раме, задние — к мосту, связанному с рамой посредством балансирной подвески. Все четыре гидромотор-колеса управляются гидроцилиндрами, чем обеспечивается высокая мобильность машины, включая диагональное передвижение «крабом»

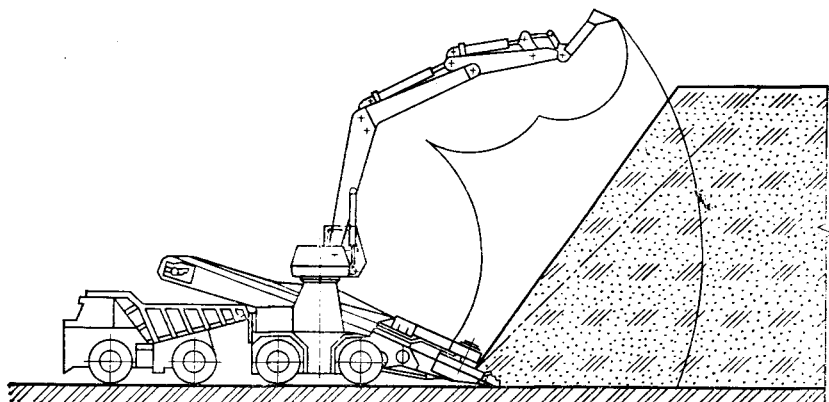


Рис. 27. Схема погрузочной машины МПК7

(все колеса движутся в одну сторону), а также поворот на месте (колеса одного борта движутся вперед, другого — назад).

В машине, части и узлы которой входят в соприкосновение и находятся под воздействием абразивной горной массы, большое значение имеет возможное уменьшение такого воздействия. В этом отношении крупногабаритная машина рассматриваемого типа для открытых разработок имеет преимущества перед послужившей ей прототипом малогабаритной подземной машиной типа ПНБ. Так, в ней представилось возможным принять верхнее расположение кривошипов (дисков) привода нагребающих лап и расположить привод скребкового конвейера не в головной части, а на ответвлении порожняковой ветви, что должно способствовать повышению долговечности работы обоих этих узлов машины.

Приведем данные по технической характеристике машины.

Техническая производительность ($\text{м}^3/\text{мин}$) в зависимости от насыпной плотности породы, $\text{т}/\text{м}^3$:

до 2,1	25
до 2,7	20
Наибольший размер куска, м	1,2
Номинальный объем захвата лапой, м^3	0,63
Частота вращения кривошипа лапы, об/мин	16—20

Ширина захвата лапами, м	3,4
Скорость движения скребковой цепи, м/с	0,4—0,5
Высота погрузки со стрелы конвейера, м	6,5
Высота подъема верхнего гребка, м	19,5

По производительности и по свойствам погружаемых горных пород машина МПК7 может заменить одноковшовый экскаватор ЭКГ-12. Сравнительные показатели по обоим этим машинам приведены ниже.

	ЭКГ-12	МПК 7
Техническая производительность, м ³ /ч	840	840—1050
Вместимость ковша, м ³	12	—
Максимальное усилие копания (нагребания), кН	1100	150
Общая установленная мощность двигателей, кВт	890	600
Масса, т	260	184

Свойства трех машин: рассмотренной ранее ЭРГС-2500, ЭКГ-12 и МПК7 — могут в известной степени характеризовать удельные показатели, отнесенные к производительности машин, приведенные ниже.

	ЭРГС-2500	ЭКГ-12	МПК7
Удельная энергоемкость, кВт/(м ³ /ч)	0,84	1,05	0,71
Удельная масса, т/(м ³ /ч)	0,31	0,33	0,22
Удельное усилие копания (нагребания) кН/(м ³ /ч)	1,0 ¹	1,3 ²	0,18

Более благоприятные удельные показатели машины МПК7 по энергоемкости, удельной массе и в особенности по максимальному усилию на рабочем органе объясняются в первую очередь непрерывностью процесса на нагребающих лапах и преимуществом процесса нагребания перед процессом зачерпывания при работе по скальной связной горной массе. Уменьшение удельной массы, кроме того, объясняется заменой гусеничного хода колесным. Меньшие значения энергоемкости и удельных усилий на машинах ЭРГС-2500 и МПК7 по сравнению с одноковшовым экскаватором ЭКГ-12 объясняются отсутствием периодических динамических сил, возникающих вследствие приведения в движение и сообщения кинетической энергии большим массам машины.

¹ Для ЭРГС-2000.

8. ТРАНСПОРТНО-МЕХАНИЧЕСКИЕ АГРЕГАТЫ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ НА ОТКРЫТЫХ РАЗРАБОТКАХ

Применяемые на открытых разработках нескальных вскрышных пород и некрепких углей (преимущественно бурых) добычные и транспортные агрегаты непрерывного действия характеризуются гигантскими размерами, высокой производительностью и большими значениями мощности установленных на них двигателей. К ним

относятся роторные, а также цепные многоковшовые экскаваторы, консольные отвалообразователи и транспортно-отвальные мосты. Транспорт на всех этих агрегатах осуществляется установленными на них высокопроизводительными ленточными конвейерами. Рассмотрим эти агрегаты каждый в отдельности, а также в комплексе.

Роторный экскаватор (рис. 28) характеризуется следующими данными [17]:

Диаметр роторного колеса, м	21,6
Техническая производительность в:	
насыпной массе, м ³ /ч	19000
плотной массе, м ³ /сут	240000
Мощность двигателей роторного колеса, кВт	$840 \times 4 = 3360$
Общая установленная мощность двигателей, кВт	16900
Общая длина, м	213,5
Высота, м	87

На экскаваторе размещены последовательно три ленточных конвейера — приемный, промежуточный и разгрузочный. Ширина ленты 2,8—3 м, скорость 4,5—5,2 м/с. Приемный конвейер установлен на консольной поворотной стреле роторного колеса, промежуточный — на металлоконструкции ходовой части и разгрузочный — на поворотной мостовой ферме. Ферма с внешней стороны опирается на гусеничную тележку, несущую короткий поворотный конвейер, с которого погрузка производится на расположенный на почве ленточный конвейер (транспортная система) или непосредственно на приемную часть отвалообразователя (транспортно-отвальная система). Кроме того, для повышения эксплуатационной маневренности как самого экскаватора, так и связанного с ним конвейера или отвалообразователя ленточный разгрузочный конвейер выполнен телескопическим, с рабочей длиной от 75 до 103 м, т. е. с телескопичностью 28 м.

Монтированное на поворотном круге с шариковой опорой верхнее строение экскаватора, помимо роторной стрелы, оснащено стрелой с противовесом, на конце которой размещается также лебедка для подъема и опускания роторной стрелы. Ходовую часть экскаватора составляют поворотные гусеничные тележки, управляемые гидроцилиндрами. В трех точках верхнего строения установлены подъемные консольные краны, используемые на монтажно-ремонтных работах.

Для транспортирования вскрышных пород и укладки их в отвал служат консольные отвалообразователи и транспортно-отвальные мосты. При работе карьера по транспортно-отвальной схеме, т. е. при транспортировании непосредственно от экскаватора к внутреннему отвалу, перемещение происходит по кратчайшему пути поперек карьера. В этом случае длина отвалообразователя и моста определяется расстоянием между линией вскрышного забоя и линией отвала.

Транспортная часть мощного консольного отвалообразователя (рис. 29) общей длиной 240 м и со стрелой длиной 150 м с произ-

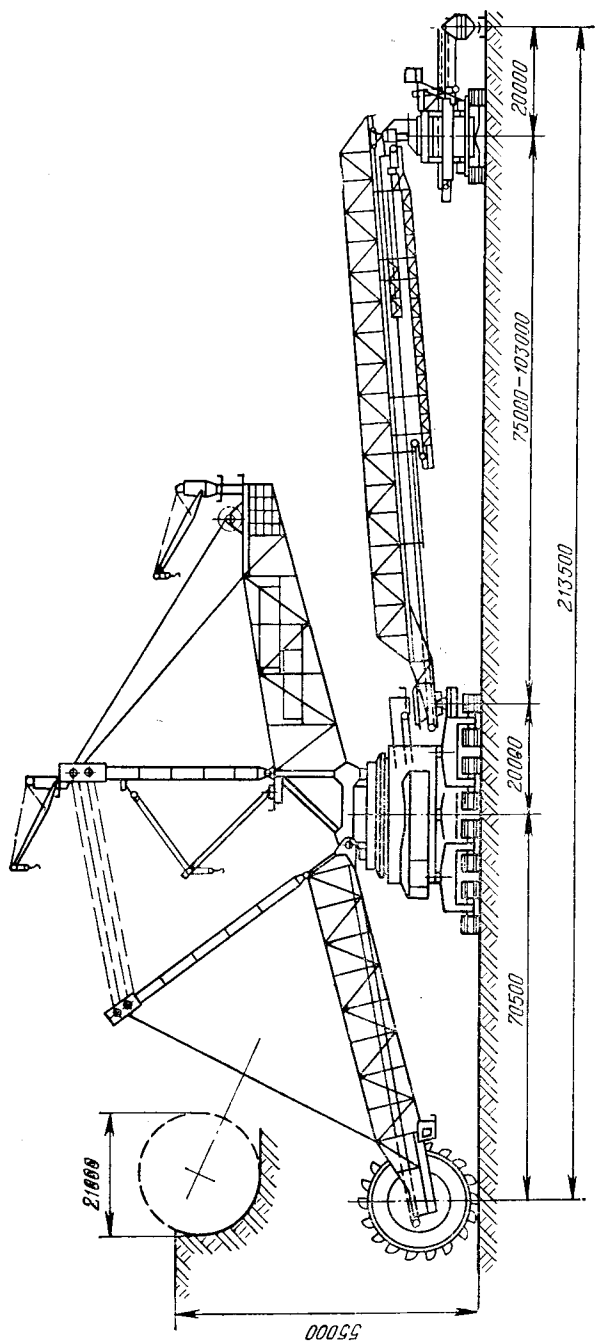


Рис. 28. Общее устройство роторного экскаватора

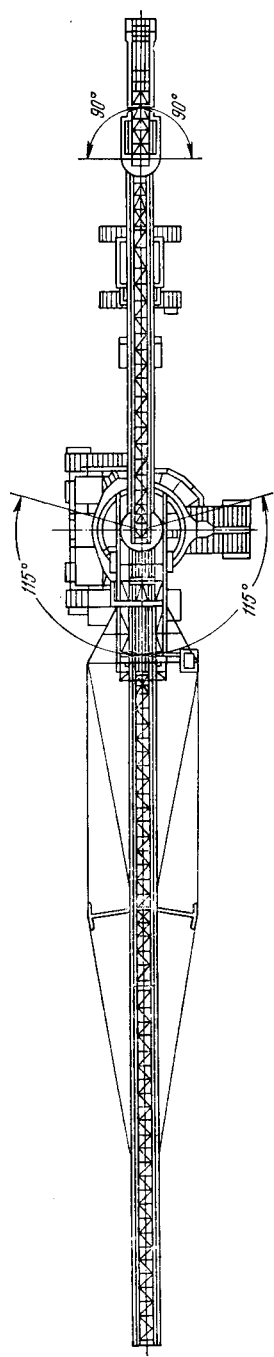
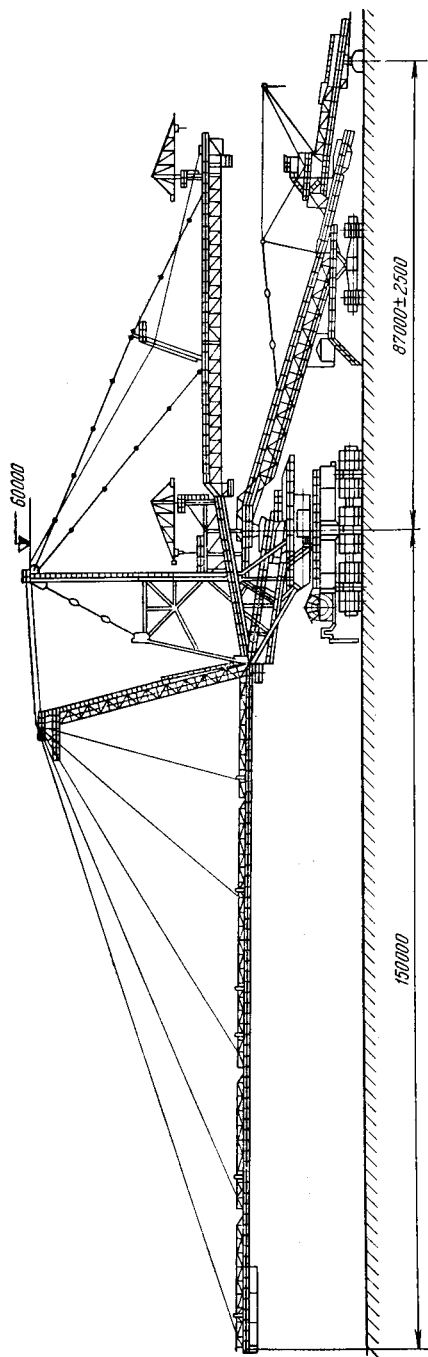


Рис. 29. Общий вид консольного отвалообразователя с разгрузочной стрелой длиной 150 м

водительностью 150 000 м³/сут состоит из трех последовательно установленных поворотных один относительно другого конвейеров — короткого приемного мостового, наклонного промежуточного тоже мостового и отвального консольного. На стыке промежуточного и отвального конвейеров порода перегружается с конвейера на конвейер через воронку, установленную по центральной оси корпуса отвалообразователя. При такой схеме отвалообразователя с общей осью поворота двух сопряженных конвейеров отсутствует необходимость в промежуточном конвейере на корпусе,

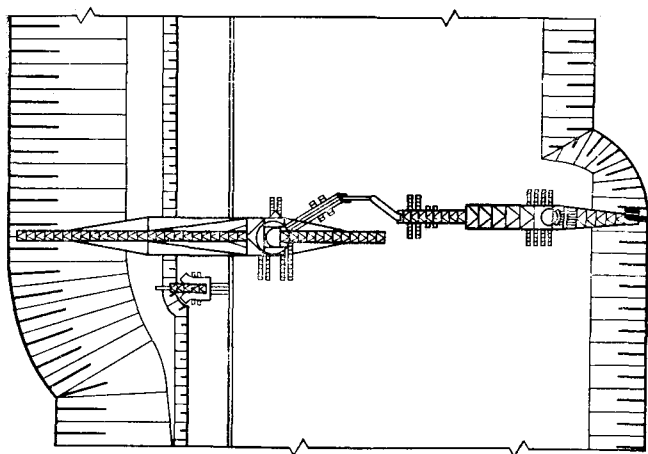
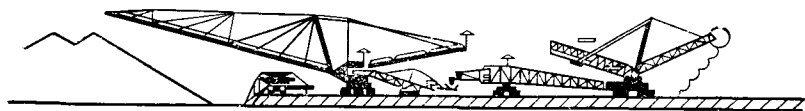


Рис. 30. Схема расположения в карьере роторного экскаватора и консольного отвалообразователя

как это имеет место на рассмотренном выше роторном экскаваторе.

Благодаря большой длине отвальной стрелы и возможности ее подъема и поворота на значительный угол в ту и другую стороны (на угол 115°) отвалообразователь может отсыпать отвал большой (40 м) высоты и ширины с одной позиции, что исключает его частые передвижки. Общая мощность установленных на отвалообразователе двигателей 5240 кВт, масса отвалообразователя с учетом массы противовеса (150 т) 3690 т.

На рис. 30 показано взаимное расположение роторного экскаватора и консольного отвалообразователя в карьере с транспорт-

но-отвальной схемой перемещения вскрышной породы, т. е. при непосредственной (или с использованием промежуточного перегружчика) передаче вскрышной породы с роторного экскаватора на отвалообразователь. Этим обеспечивается кратчайший путь перемещения породы от вскрышного забоя до отвала.

Наряду с отвалообразователями для аналогичной цели применяются также отвальные мосты, полностью перекрывающие карьер. Крупные мосты установлены на трех буроугольных карьерах в ГДР. Длина пролетной части моста 272500 ± 13500 мм и консольной 191500 мм, т. е. общая длина 477600 мм. Мост (рис. 31)

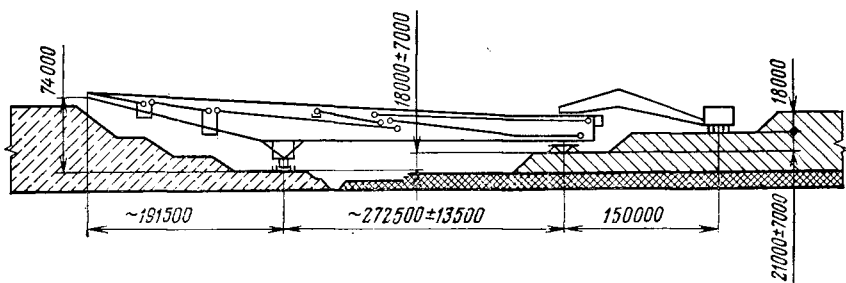


Рис. 31. Схема расположения в карьере отвального моста

работает в комплексе с тремя цепными многоковшовыми экскаваторами, с которыми он соединен передаточными мостовыми ленточными перегружателями.

Две линии конвейеров установлены на мосту на двух уровнях. На верхний конвейер подает породу один экскаватор, работающий на верхнем подступе (показан на рисунке), на нижний конвейер — два экскаватора, работающие на нижнем подступе. Общая высота уступа 60 м, высота отвала, расположенного по другую сторону, — 80 м. Теоретическая производительность первого из трех построенных мостов $25600 \text{ м}^3/\text{ч}$, третьего — свыше $36000 \text{ м}^3/\text{ч}$. На отвальной опоре моста обе конвейерные линии соединяются в одну, состоящую из двух последовательных конвейеров. На их стыке предусмотрена возможность отсыпки предотвала.

Ширина лент от 1800 до 2750 мм, скорость 4 м/с и более, а на крайнем сбрасывающем конвейере — необычно большая скорость 10 м/с, чем достигается уменьшение массы груза и самого расположенного на консоли конвейера, а также обеспечивается метание груза при отсыпке отвала. Мост передвигается по четырем ниткам рельсового пути на колесном многоступенчатом ходу, снабжен служебными подъездными средствами для монтажа и ремонта, а также лифтом высотой 55 м для обслуживающего персонала. Масса моста превышает 13000 т.

Управление мостом производится с помощью ЭВМ, осуществляющих контроль за поддержанием оптимальных рабочих режи-

мов, а также производящих учет объемов перемещаемых вскрышных пород и вычисление суточной выработки с выдачей в печать этих показателей.

9. ПОДВЕСНЫЕ КАНАТНЫЕ ДОРОГИ

Подвесные канатные дороги (ГПКД) благодаря свойственным им преимуществам, таким, как малая зависимость от рельефа местности, возможность преодоления больших углов наклона, соединение конечных пунктов по прямой линии, проведение их над водоемами, горными перевалами, болотами, а также над промышленными и жилыми зданиями, эксплуатация в суровых климатических условиях, находят довольно широкое применение и имеют перспективы дальнейшего развития.

Протяженность ГПКД составляет обычно несколько, а нередко и десятки километров, причем в связи с высокой стоимостью обслуживания конечных пунктов в общей стоимости дороги с увеличением длины дороги удельная стоимость перевозок, отнесенная к 1 т·км, обычно несколько снижается.

К недостаткам ГПКД должна быть отнесена их ограниченная производительность, прямо пропорциональная грузоподъемности вагонеток и обратно пропорциональная интервалу времени поступления вагонеток на линию. При применяемых в настоящее время на наших ГПКД двухтонных вагонетках и интервале времени 20—25 с производительность ГПКД составляет 300—360 т/ч. При большей требующейся производительности устанавливают параллельно две, а иногда даже три ГПКД, что удорожает транспорт. Поэтому направлением дальнейшего развития ГПКД является увеличение грузоподъемности вагонеток, механизация и автоматизация рабочих процессов, позволяющая уменьшить интервалы времени, а также увеличить скорость движения вагонеток (принимаемой в настоящее время равной 2,5—3 м/с) для уменьшения их числа в пролетах между опорами.

В иностранной практике при двухтонных вагонетках и интервале времени между их прохождением 12—14 с производительность достигает до 600 т/ч и скорость вагонеток до 5 м/с. Увеличение грузоподъемности вагонеток до 3,2 т (например, на Стерлитамакском ПО «Сода» по проекту ГПКИ «Союзпроммеханизация») позволило увеличить производительность до 410 т/ч, или 1850 тыс. т/год.

На некоторых зарубежных ГПКД благодаря применению автоматической загрузки на ходу двухтонных вагонеток при интервале времени между ними 10—12 с и скорости 4 м/с производительность достигает 500—530 т/ч. На некоторых дорогах при трехтонных вагонетках и интервале между ними 14 с и скорости движения 5 м/с достигается производительность 600—650 т/ч. Самая протяженная, высокопроизводительная, имеющая длину 96 км ГПКД построена в Швеции.

Для автоматизации и уменьшения времени погрузки вагонеток производится на ходу с помощью вращающегося кругового мерного бункера-дозатора и толкающих устройств по типу толкающего конвейера, производящих передвижку вагонеток на прямолинейных участках однопорельсовых путей и выполняющих разгон вагонеток перед подключением их к тяговому канату.

В настоящее время предусматривается выпуск вагонеток грузоподъемностью 3 (3,2) т, 4,2 т (восьмиколесные с открывающимся днищем для дорог производительностью до 750 т/ч) и 5,6 т (для дорог производительностью 1000 т/ч).

Особое значение для повышения рентабельности эксплуатации ГПКД имеет удлинение срока службы несущих канатов. Для этого, помимо повышения качества канатов и в особенности внешнего слоя S-образных проволок, применяется нейлоновая футеровка

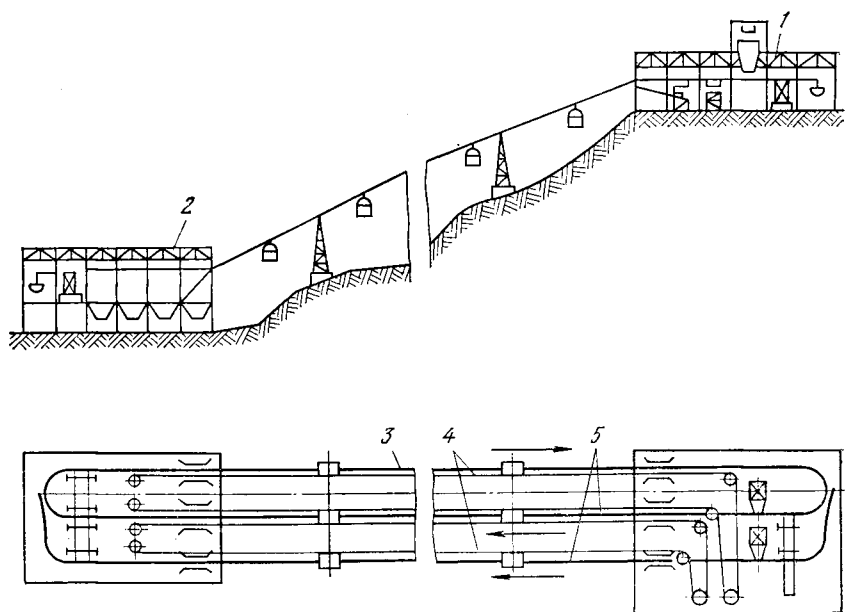


Рис. 32. Схема трехпутной подвесной канатной дороги:

1, 2—соответственно погрузочная и разгрузочная станции; 3—порожняковый несущий канат; 4 и 5 — соответственно тяговые и грузовые несущие канаты

ходовых колес вагонеток. Украинским филиалом ГПКИ «Союзпроммеханизация» составлен проект трехпутной ГПКД протяженностью 36 км с вагонетками грузоподъемностью 3,2 т и производительностью 750 т/ч. Такая трехпутная ГПКД может заменить две параллельные дороги [18]. Дорога оборудована тремя несущими канатами 3—5, два из которых служат грузовыми и один — порожняковым, и двумя независимыми тяговыми канатами с отдельными приводами (рис. 32). На линии несущие канаты поддерживаются опорами специальной конструкции.

Дорога работает следующим образом. Поступающие с линии

на погрузочную станцию порожние вагонетки отсоединяются выключателем от тягового каната и через электрифицированный стрелочный перевод поочередно направляются к загрузочным устройствам. Загруженные вагонетки подсоединяются к тому или другому тяговому канату и поступают двумя параллельными потоками на линию. На разгрузочной станции вагонетки отключаются от тяговых канатов и посредством стрелочного перевода объединяются в один поток. Таким образом, на порожняковый несущий канат вагонетки поступают с интервалом, в 2 раза меньшим, а следовательно, число их на линии в 2 раза превышает обычное количество, т. е. загрузка всех трех линий примерно одинакова и для них могли быть приняты несущие канаты одинакового диаметра. Как показывают расчеты, такая трехпутная дорога требует значительно меньших капитальных затрат в строительстве и меньших эксплуатационных расходов, чем две параллельные дороги такой же общей производительности.

Одним из видов ГПКД являются однопролетные маятниковые отвальные дороги на угольных шахтах, а также на некоторых других предприятиях, на которых требуется складирование твердых отходов. На рис. 33,а показана схема однолучевой дороги

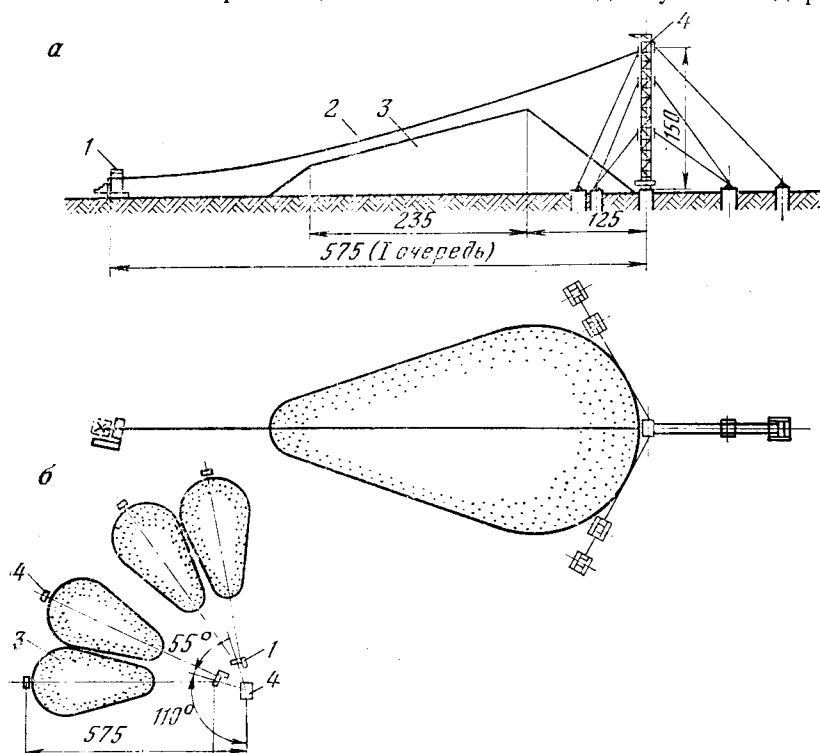


Рис. 33. Схема однолучевой (а) и двояной двухлучевой (б) канатных дорог: 1 — погрузочная станция; 2 — несущий канат; 3 — отвал; 4 — конечная станция

этого типа. Она состоит из погрузочной станции, на которой расположен привод для тягового каната, конечной станции в виде 150-метровой мачты с расчалками и одного несущего каната, концы которого закреплены у погрузочной станции и на мачте. При грузоподъемности вагонеток с откидным днищем 5 т и максимальной скорости 10 м/с производительность дороги составляет 130 т/ч. Скорость движения вагонеток регулируется автоматически, автоматическим командоаппаратом устанавливается также место разгрузки вагонеток. Принятая необычно высокая максимальная скорость вагонетки оказалась возможной из-за отсутствия на линии промежуточных опор. Вместимость однолучевого отвала 3 млн. м³.

Для увеличения вместимости отвала и увеличения примерно в 2 раза производительности применяются двухлучевые дороги. Общая вместимость сдвоенных двухлучевых канатных дорог (рис. 33,б) 12 млн. м³. Привод двухлучевых маятниковых дорог выполнен на постоянном токе по системе генератор—двигатель. Двухлучевая дорога представляет собой уравновешенную систему, при малой доводочной скорости (0,4 м/с) отсутствует генераторный режим. Стоимость транспортирования маятниковой канатной дорогой снижается в 10—12 раз по сравнению со стоимостью доставки породы в отвал автотранспортом.

10. СКИПОВЫЙ ПОДЪЕМ С ТЯГОВЫМ ОРГАНОМ КОНВЕЙЕРНОЙ ЛЕНТОЙ

Скиповый подъем, в котором конвейерная лента является тяговым органом, может быть использован на карьерах в качестве наклонного подъема или вертикального и в шахтах в качестве вертикального.

На наклонном скиповом подъеме большой производительности и длины (производительность до 15—20 млн. т/год и глубина до 400—500 м), когда тяговым органом служит канат, применение многоканатного привода трения исключается, а использование барабанного привода с навивкой двух или большего числа канатов на барабан связано со значительными трудностями и практически тоже исключается. Когда тяговым органом является лента, не только достигаются высокие значения тяговой силы, но и упрощается система подъема. В этом случае подъемная машина должна состоять из двух барабанов (бобин), валы которых расположены на одной оси и наглухо соединены между собой муфтой. При рабочем цикле лента груженого скипа наматывается на первый барабан, а лента порожнего сматывается со второго барабана. Электродвигатели с редукторами на подобной машине устанавливаются с внешней стороны барабанов.

При всей простоте привод по такой схеме имеет и существенные недостатки — резко переменные в течение цикла крутящий момент на валу барабанов и скорость скипов. В начальный период

рабочего цикла, когда навивка ленты груженого скипа имеет минимальный диаметр, а навивка ленты уравновешивающего порожнего скипа — максимальный, вращающий момент на валу барабанов наименьший и может быть даже отрицательным по значению.

В конечный период рабочего цикла, напротив, диаметр навивки и вращающий момент на барабане груженого скипа достигают максимума, а порожнего — минимума и общий вращающий момент на валу барабанов возрастает и к концу рабочего цикла достигает максимума. При постоянной частоте вращения вала барабанов изменяются линейные скорости движения скипов. Поэтому для достижения минимальной продолжительности цикла при принятой максимальной скорости скипов тахограмма подъема характеризуется большой сложностью.

В табл. приведены значения годовой производительности двухбобинного подъема, когда тяговым органом служит конвейерная лента, при глубине карьера от 200 до 500 м, угле наклона грависа 40° и максимальной скорости скипов 7 м/с [19].

Т а б л и ц а

Глубина карьера, м	Годовая производительность двухбобинного подъема, млн. т				
	Грузоподъемность скипов, т				
	80	100	120	150	200
200	14,3	17,9	20,6	26,8	35,8
300	10,8	13,5	16,1	20,2	27,0
400	8,7	10,0	12,5	16,3	21,7
500	7,2	9,0	10,8	13,6	18,1

Для определения приближенных параметров, характеризующих наклонный скиповый подъем с двухбарабанной (бобинной) подъемной машиной и тяговым органом — лентой, рассмотрим частный случай: производительность карьера 16 млн. т/год, глубина карьера 400 м, угол наклона трассы подъема $\beta = 40^\circ$. Из табл. находим грузоподъемность скипа — 150 т. Длина пути подъема

$$L = H / \sin \beta = 400 / \sin 40^\circ = 620 \text{ м.}$$

Примем диаметр барабанов $D_6 = 2$ м. В предположении разрывной прочности резинотросовой ленты 6000 Н/мм ширины потребная ширина ленты при запасе прочности на разрыв $K = 7,5$, $B = 1,6$ м и толщина ее $\delta = 0,025$ м.

Число витков на барабане n находится из суммы членов арифметического ряда:

$$L/\pi = D_6 + (D_6 + 2\delta) + (D_6 + 4\delta) + \dots + [D_6 + 2(n-1)\delta],$$

где n — число витков при намотке всей ленты на барабан. Отсюда, подставляя значения L , D_6 и δ , находим $n = 78$ витков и наибольший диаметр навивки

$$D_{\text{бтах}} = D_6 + 2n\delta = 5,9 \text{ м.}$$

Таким образом, отношение наибольшего и наименьшего диаметров навивки на барабан $D_{\delta.\max}/D_{\delta.\min}=5,9/2=2,95$. В такой же пропорции при постоянной частоте вращения барабанов изменяется и скорость скипов. Следовательно, для достижения минимальной продолжительности цикла при заданной максимальной скорости скипов (обычно принимается $v_{\max}=7$ м/с) требуется вращение барабанов по специальной сложной тахограмме.

Недостатки скипового подъема с тяговым органом из конвейерной ленты состоят также в том, что нижние слои ленты на барабане испытывают большое давление и практически трудно предотвратить ее сход с барабанов.

11. ШАХТНЫЙ И КАРЬЕРНЫЙ СКИПОВЫЙ ПНЕВМАТИЧЕСКИЙ ПОДЪЕМ

В Советском Союзе, как и за рубежом, проявляется интерес к новому типу вертикального (и наклонного) шахтного или карьерного подъема в скипах, совершающих движение вверх по стволу под действием нагнетаемого под его днище сжатого воздуха. В Карагандинском политехническом институте с 1970 г. проведены экспериментальные исследования подъема данного типа на действующей модели высотой 5 м [20].

В Австралии на руднике Mont Isa по данным 1982 г. подъем этого типа был построен и успешно находился в опытно-промышленной эксплуатации в течение 1,5 лет. На основании достигнутых показателей построившая подъем фирма рекомендует его для промышленного применения.

По типу уплотнения зазора между стенками подъемного сосуда и поверхностью ствола и по типу подъемного сосуда (скипа) эти две системы существенно отличаются друг от друга.

На рис. 34 представлена схема шахтной пневматической подъемной установки (КарПИ) со скипом и разгрузкой через дно, на рис. 35 — продольное сечение по стволу с контуром расположенного в нем скипа. Составными частями установки являются воздуходувка 1 (см. рис. 34) с электродвигателем 2, ствол 6, скип 4, расположенные сверху и внизу ствола регулирующие дроссельные устройства 3, загрузочное устройство 7 и бункер 5 для приема содержимого скипа.

После того как загруженный скип под давлением воздуха поднимается вверх, занимает рабочее положение и разгружается, порожний скип опускается под действием веса при наличии сопротивления воздуха, регулируемого дроссельным устройством. При этом сжатый воздух выпускается в шахтную атмосферу, и цикл возобновляется.

Зазоры герметизируются эластичными уплотнениями, расположенными в стволе на бандажах кольцами, отстоящими друг от друга на расстоянии, несколько меньшем высоты (длины) скипа.

Движение скипа направляется установленными на бандажах роликами. Для свободного безударного вхождения в уплотнения и на ролики корпус скипа имеет сверху и снизу скосы.

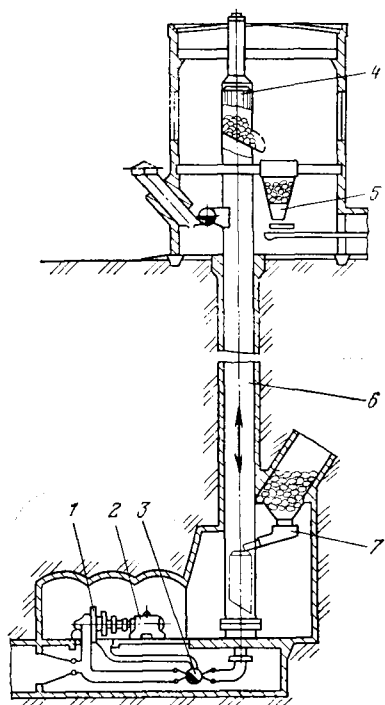


Рис. 34. Схема шахтной пневматической установки (КарПИ)

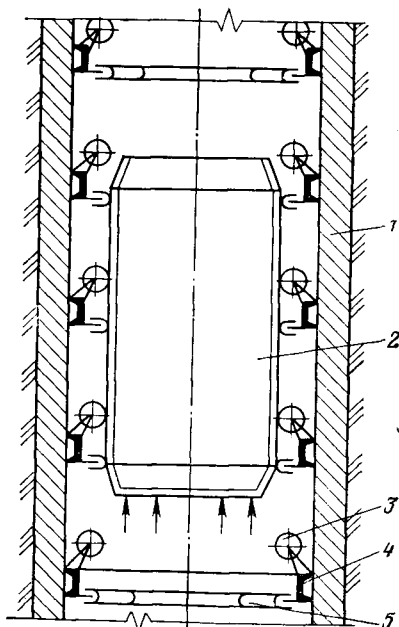


Рис. 35. Продольное сечение по стволу шахтной пневматической установки (КарПИ):

1 — облицовка ствола; 2 — скип; 3 — направляющий ролик; 4 — бандаж для роликов и уплотнений; 5 — уплотнение

Выполненным КарПИ технико-экономическим расчетом для двух шахт угольного Карагандинского бассейна определены характеристики пневматических скиповых подъемов, представленные ниже [21].

Производительность:

годовая, млн. т.	1,6	3,0
суточная, т.	6300	11650
Глубина ствола, м	430	659
Масса, т:		
груза в скипе	11	36
скипа	—	15
Средняя скорость движения на подъем, м/с	3,3	4,0
Число подъемных сосудов	2	2
Площадь сечения ствола, м ²	3	2,9 × 2,6
Давление воздуха под днищем скипа, мПа	0,03	0,081
Установленная мощность двигателей, кВт	1100	7500
Расход энергии на подъем 1 т груза, кВт·ч	3,44	9,9

Принципиальное отличие скиповой пневматической подъемной установки, работающей на рудной шахте Mont Isa, от установки КарПИИ состоит в том, что вместо уплотнительных устройств, расположенных кольцами по всей высоте подъема на небольшом расстоянии друг от друга, ствол имеет облицованную стальными сегментами поверхность, а герметичность достигается соединенным со скипом с помощью вертикального штока уплотнительным устройством — поршнем. Поршень снабжен двумя эластичными кольцами, перекрывающими сечение ствола и скользящими по его облицовке.

Преимущества уплотнения этого типа по сравнению с уплотнением, рассредоточенным по всей длине ствола (в данном случае — порядка 150 шт.), — более простое инспектирование его состояния и облегченный ремонт, а также отсутствие необходимости в направляющих роликах, недостатки — более интенсивный износ, а при тугой посадке и возможность нагрева.

Скип на данной установке принят опрокидного типа. Опрокидывание скипа производится с помощью стационарного рычажного механизма, приводимого в действие пневмоцилиндрами. Возврат скипа в исходное положение происходит автоматически под действием контргруза. Для предотвращения поворота скипа относительно продольной оси при движении по стволу предусмотрены канатные проводники. Эти же проводниковые канаты, подвешенные на зажимах, служат в качестве демпферов при остановке скипа в крайнем верхнем положении.

Преимущество подъемной скиповой пневматической установки того и другого типа — упрощение надшахтных сооружений, в частности, отсутствие копра, недостаток — невысокий механический к. п. д., обусловленный неуравновешенностью собственной массы скипа и относительно (по отношению к шахтной подъемной машине) меньшим значением к. п. д. турбовоздуходувки, а также гидравлическими потерями при движении сжатого воздуха по трубопроводу и через систему управления. Это, в свою очередь, обуславливает необходимость установки воздуходувки большой мощности, требующей к тому же специальной подземной камеры у основания ствола.

Производительность воздуходувки ограничивает рабочую скорость скипа, вследствие чего возрастает продолжительность цикла (скорость скипа принята всего 3,3 и 4 м/с) при высокой установленной мощности двигателей. Следует еще отметить, что необходимость установки в стволе добавочного оборудования канатного вспомогательного подъема для инспектирования и ремонта уплотнений вносит немалое усложнение в пневмоподъем данного типа.

Для решения вопроса о целесообразности применения скипового пневматического подъема должно быть выяснено, какое влияние на режим шахтной вентиляции оказывают периодические отсос (при подъеме скипа) и нагнетание (при спуске скипа) больших масс воздуха в шахтную атмосферу.

Вопрос о применении скипового пневматического подъема в каждом отдельном случае нуждается в технико-экономической проверке.

12. ТРУБОПРОВОДНЫЙ ПНЕВМОКОНТЕЙНЕРНЫЙ ТРАНСПОРТ

Примерно с начала 70-х годов в Советском Союзе и в некоторых зарубежных странах ведутся проектно-конструкторские, а также теоретические и в особенности экспериментальные работы по созданию и освоению нового вида промышленного транспорта массовых насыпных грузов — в контейнерах, движущихся по трубопроводу потоком воздуха.

Типовой контейнер представляет собой сосуд фасонной формы, опирающийся двумя расположенными под ним по оси катками на проложенный по дну трубопровода продольный рельс. Для обеспечения устойчивости контейнера на его кузове с обеих сторон закреплены катки, находящиеся в контакте со стенкой трубопровода.

Нагнетаемый в трубопровод воздух передает движущую силу на торцовую поверхность контейнера и одновременно обтекает его со всех сторон, проходя между стенками контейнера и внутренней поверхностью трубопровода.

По существу принцип трубопроводного пневмоконтейнерного транспорта не нов, но до последнего времени установки этого рода использовались только для перемещения отдельных небольших предметов, преимущественно в небольших контейнерах квадратной или прямоугольной формы, на малые расстояния. Примерами могут служить пневматическая почта в некоторых крупных зарубежных городах, транспорт книг в центральных библиотеках, служебных документов в больших учреждениях, образцов или проб метиза, мелких деталей, инструментов на заводах и фабриках. По назначению и устройству эти установки существенно отличаются от современных систем промышленного контейнерного пневмотранспорта больших количеств массовых насыпных грузов на значительные расстояния.

Возможные области применения контейнерного транспорта — предприятия горнодобывающей промышленности (главным образом открытые разработки), коммуникации между горнодобывающими предприятиями и пунктами переработки и использования полезных ископаемых, подача строительных материалов на строительства, в частности на гидростроительство крупных насыпных плотин и пр.

Контейнерным транспортом могут перемещаться такие массовые насыпные грузы, как каменный уголь, щебень, песок, шлаки, бытовые отходы, а также продукты сельского хозяйства.

Основные составные части установок контейнерного пневмотранспорта — начальная станция с устройствами для погрузки в

[illegible]

также по его длине. Концевые станции, кроме того, снабжены устройствами для торможения проходящих с большой скоростью контейнеров (иногда для этого служит наклоненный участок пути контейнеров).

80

комбината). ИГД Минчермета выполнена технико-экономическая оценка (ТЭО) этого комплекса [22]. Месторождение условно разбито на три участка *I*, *II* и *III*, каждый из которых имеет свою линию *A*, *B*, *C* для отправки вскрышной породы в отвал. Отдельная линия небольшой длины *D* предназначена для транспорта руды из карьера на расположенную на поверхности обогатительную фабрику.

Расчетный объем вскрышных пород, направляемых в южный отвал, равен 12,3 млн. т породы в год и в северный отвал — 36,8 млн. т породы в год. Количество сырой дробленой руды, доставляемой из карьера на обогатительную фабрику, составляет 16 млн. т/год. К погрузочным пунктам в карьере порода и руда доставляются сборочным автомобильным транспортом. Все трубопроводы уложены с подъемом, достигающим в отдельных местах 20°. С целью обеспечения требуемых грузопотоков приняты

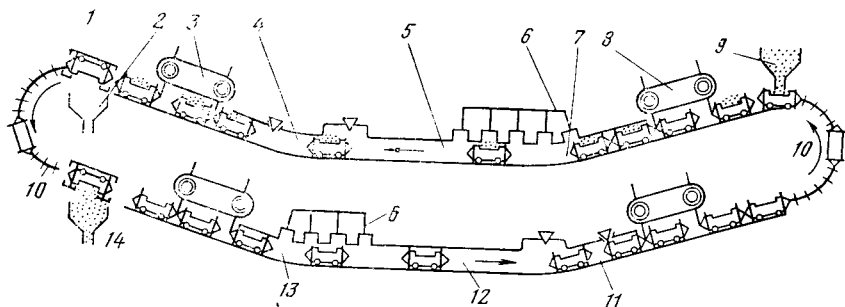


Рис. 37. Технологическая схема контейнерной пневмотранспортной установки

наиболее производительные кольцевые схемы трубопроводов с двумя нитями в грузовом и порожняковом направлениях. Среднее расстояние транспортирования породы в отвалы на Ковдорском ГОКе равно 3,4 км и руды — 0,84 км. Диаметр всех трубопроводов принят 1,6 м, давление воздуха в трубопроводах для породы 140—170 кПа и для руды 170 кПа. Установленная мощность воздушодувных станций для породных трубопроводов 13200 кВт и для рудного 6000 кВт. Себестоимость транспортирования породы установлена расчетом и составляет 2,6 коп/т·км и руды (на более короткое расстояние) — 10,0 коп/т·км.

На рис. 37 показана технологическая схема кольцевой пневмотранспортной установки. В начальном пункте из бункера 9 производится погрузка в контейнеры, вводимые в трубопровод с помощью толкателя 8. На наклонном участке 7 груженные контейнеры получают разгон и под давлением воздуха, нагнетаемого компрессорами 6, поступают на линейную часть трубопровода 5. В конце линейного участка контейнеры накатываются на наклонный участок торможения 4 и затем толкателем 3 подаются к опро-

кидывателю 1, разгружающему контейнеры в приемный бункер 2. Этим заканчивается грузовой цикл.

Опорожненные контейнеры по открытому участку рельсового пути 10 проходят мимо запасного приемного бункера 14 и поступают на наклонный участок пути, на котором с помощью толкателя вводятся в трубопровод 13 и затем сжатым воздухом, подаваемым компрессорами 6, передвигаются по линейной части трубопровода 12 к участку торможения порожних контейнеров 11. Далее по открытому участку рельсового пути 10 контейнеры приходят под погрузку, и цикл возобновляется. Для данной схемы характерно отсутствие шлюзовых устройств для ввода и вывода контейнеров из трубопровода. «Затвором» вводных и выводных отверстий обеих ветвей трубопровода служат сами контейнеры,

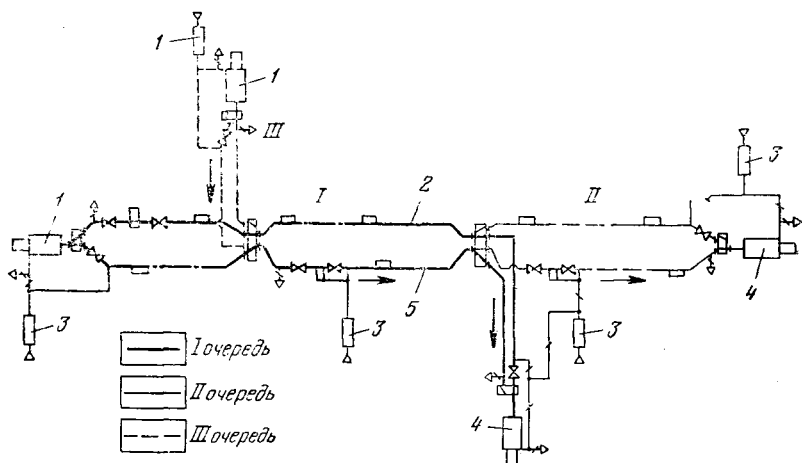


Рис. 38. Схема контейнерного пневмотранспорта «Лило 2»

причем организация их движения обеспечивает постоянное наличие одного контейнера в отверстии трубопровода.

На схеме показано движение по трубопроводу отдельных контейнеров, однако на практике предусмотрено их соединение в составы.

На рис. 38 показана схема трубопровода самой длинной установки контейнерного пневмотранспорта «Лило 2» в Грузинской ССР близ Тбилиси. Установка строится в три очереди. По построенному трубопроводу I очереди длиной 17,5 км, имеющему два участка, расположенных под прямым углом друг к другу, доставляется щебень от щебеночного карьера 1 до завода железобетонных изделий 4. Грузовые составы из восьми контейнеров движутся по трубопроводу 5, порожние — по трубопроводу 2. Воздух подается на грузовую ветвь двумя воздушодувными установками 3, на порожняковую — одной. С вводом II очереди длина трубопроводной линии возрастает до 37,7 км, а III очереди, которая даст

возможность присоединить к грузопотоку второй карьер, до 41,3 км.

По трубопроводу I очереди курсируют 3 состава (1981 г.), число их намечается постепенно довести до 12. Вместимость состава 30 т, диаметр трубопровода 1220 мм.

На установках контейнерного пневмотранспорта по способу разгрузки применяются два типа контейнеров — полностью опрокидывающиеся (как шахтная вагонетка) и с опрокидывающейся грузонесущей частью при фиксированном положении ходовой части.

Трубопроводы одного типа монтируются из свариваемых стальных труб; другой тип трубопровода — железобетонный с тонкими стальными гильзами изнутри. Преимущество трубопроводов второго типа — снижение их металлоемкости, недостаток — технологическое усложнение.

Для обеспечения требуемой производительности контейнерных пневмосистем существенное значение имеет достаточная пропускная способность концевых погрузочных и разгрузочных станций, которые должны работать по принципу поточности. На разгрузочной станции это достигается опрокидыванием контейнеров на ходу при проходе по спиральным направляющим. Значительно сложнее осуществляется поточная погрузка в контейнеры, в каждый из которых в отдельности должно быть погружено точно отмеренное небольшое и равномерно распределенное по длине контейнера количество груза. От того, насколько удачно будет решена эта сложная конструкторская задача, в немалой степени зависит эффективность применения контейнерного пневмотранспорта при больших требующихся грузопотоках.

Преимущество контейнерного пневмотранспорта — полностью закрытая конструкция и поэтому независимость от климатических и погодных условий, возможность укладки трубопровода по сложной трассе и профилю; недостатки — ограничения по свойствам перемещаемых грузов, а именно требование достаточной их сыпучести, отсутствие крупных кусков, налипания и намерзания, высокая металлоемкость и связанные с ней большие капитальные затраты (два трубопровода большого диаметра), значительная энергоемкость, обусловленная низким к. п. д. воздуходувок и утечками воздуха через зазоры, сложность раздельной погрузки небольших количеств груза в сосуды малой вместимости и потому ограничения по производительности. Ввиду отсутствия пока пневмоконтейнерных установок, достаточно длительное время работающих с полной расчетной нагрузкой, установление области эффективного применения этого вида транспорта по сравнению с другими, имеющими в настоящее время наибольшее распространение (автомобильный, железнодорожный, канатно-подвесной и конвейерный), носит приближенный расчетный, не основанный на практических данных характер. Кроме того, область эффективного применения разных видов транспорта следует рассматривать применительно к конкретным местным условиям. Приведем кон-

кретный пример. На транспорте породы в отвал (см. рис. 36) контейнерный пневмотранспорт может в принципе считаться конкурентоспособным с автомобильным. Однако для отвалообразования автомобильный транспорт требует на отвале только работы бульдозера, а контейнерный пневмотранспорт — применения стационарного приемного бункера, питателя, конвейера и отвалообразователя, что существенно изменяет технико-экономическое соотношение обоих вариантов.

Вообще же до получения достаточно надежных практических эксплуатационных данных следует в принципе считать, что пневмоконтейнерный транспорт при удачных конструктивных решениях может оказаться конкурентоспособным с автомобильным при благоприятных для него условиях: расстоянии перемещения не менее 2,5—3 км, производительности не более 2—3 млн. т/год, некрупнокусковых, не склонных к налипанию, зависанию и смерзанию груза, сложности трассы и профиля пути с уклоном до 25°.

13. МЕХАНИЗИРОВАННЫЕ СКЛАДЫ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Наиболее типичным примером механизированных складов полезных ископаемых служат склады угля на территории теплоэнергоцентралей. Вместимость этих складов принимается такой, чтобы при возможных перерывах подачи угля с шахты или карьера была обеспечена непрерывность работы электрической станции. Наиболее часто уголь на складе укладывается в продольные штабеля, вдоль которых перемещаются механические агрегаты, служащие для погрузки угля на склад и отгрузки со склада.

Значительное распространение получили в последнее время складские комбинированные роторные агрегаты, подобные карьерным роторным экскаваторам. Отличительная особенность комбинированного погрузочно-разгрузочного агрегата, передвигающегося между двумя продольными штабелями угля, состоит в том, что он движется по рельсовому пути и на нем отсутствует отвальная стрела, а имеется одна роторная стрела (помимо противовесной стрелы), на которой расположен реверсивный ленточный конвейер, служащий для подачи насыпного груза на склад и для отгрузки со склада (рис. 39). Продольный ленточный конвейер установлен между штабелями по оси рельсового пути и служит как для подачи груза на склад, так и для отгрузки со склада.

Подача груза с продольного конвейера на агрегат осуществляется с помощью прицепной двухбарабанной разгрузочной тележки и соединенного с агрегатом наклонного конвейера (рис. 40).

Работа агрегата автоматизирована, при включении роторное колесо движется вдоль штабеля, и таким образом происходит отгрузка со штабеля слоя лежащего в нем груза. Дойдя до конца штабеля, агрегат переключается на обратный ход, и стрела автоматически изменяет наклон так, что происходит снятие нового

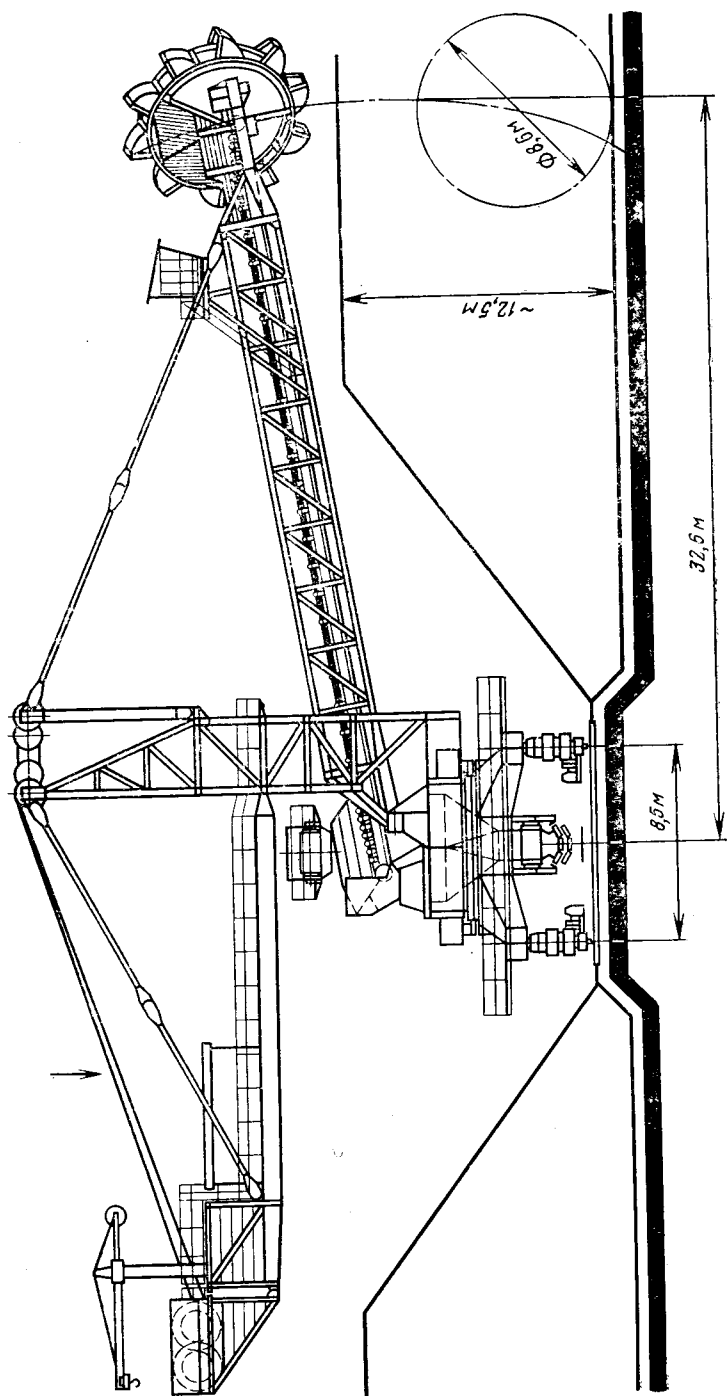


Рис. 39. Складской роторный погрузочно-разгрузочный агрегат

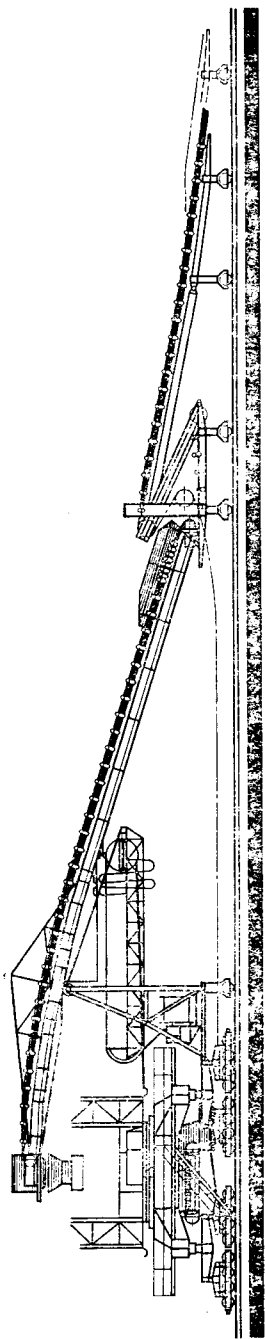


Рис. 40. Система подачи с продольного конвейера на погрузочно-разгрузочный агрегат

слоя, и т. д. Аналогичным образом автоматическое переменное-возвратное движение агрегата происходит при включении конвейера для погрузки на штабель. Преимуществами оборудования таких состоящих из продольных штабелей механизированных складов являются отсутствие дорогостоящих и стесняющих работу механического оборудования эстакад и возможность увеличения вместимости склада только удлинением продольного конвейера и рельсового пути с оставлением того же агрегата.

Помимо описанного механического агрегата, находят также применение отдельные машины для подачи в штабель и отгрузки из штабеля. Для подачи в штабель служат погрузочные машины (стаке-ры), для отгрузки из штабеля — консольные или мостовые роторные машины. Преимущества двух отдельных машин взамен одной комплексной — большая их конструктивная простота и возможность одновременного выполнения обеих складских операций, недостаток — рас-средоточенная эксплуатация механического оборудования.

Иногда продольные штабели заменяют складами другой конфигурации, например, квадратной или циркульной (круговой) формы (рис. 41).

Уголь, выгруженный из железнодорожных вагонов в приемную яму 5 по двум последовательно установленным на эстакадах 2 конвейерам, из которых первый имеет в начале наклонный участок, поступает к центральной распределительной колонне 4 склада и на ней перегружается на выдвижной конвейер, установленный на радиальном мосту 3. С одной стороны, мост имеет опору на центральной колонне 4, с другой — на круговом рельсовом пути.

Уголь сгружается с установленного на мосту конвейера и по выдвижному конвейеру и желобу укладывается в штабель. Ширина штабеля определяется размерами выдвижения конвейера. Обратная подача со склада к центрально расположенной приемной воронке производится роторно-ковшовой погрузочной машиной 1, состоящей из двух соединенных между собой частей — радиальной мостовой с опорой на том же рельсовом круге и консольной с противовесом, несущей на конце роторное ковшое колесо. Погруженный в центральную воронку уголь по конвейеру 6,

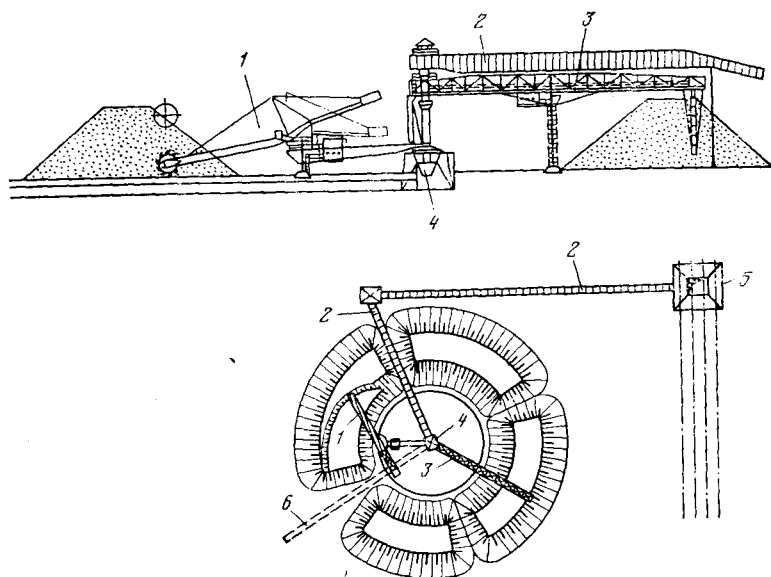


Рис. 41. Механизированный угольный склад циркульной формы

уложенному в крытой траншее, транспортируется в котельную. Отличительная особенность погрузочной машины состоит в том, что роторное ковшое колесо зачерпывает уголь постоянно снизу у основания штабеля, так что по мере отгрузки из штабеля верхние слои его ссыпаются по образовавшемуся откосу уступа. Вследствие этого, если в штабеле находились слои из разных сортов угля, при работе машины они смешиваются, так что в котельную поступает более однородный по свойствам уголь.

При диаметре склада 70 м и высоте штабеля 12 м склад вмещает 140 тыс. м³ угля, при диаметре 170 м и высоте штабеля 16 м — 340 тыс. м³. Производительность транспортно-погрузочных средств склада — до 1700 т/ч. Иногда склады устраивают крытыми. По одну сторону штабеля вдоль здания склада укладывают рельсовый путь и между рельсами устанавливают продольный ленточный конвейер, по которому груз поступает на

склад. Рельсовый путь служит для перемещения по нему небольшого портала с разгрузочной тележкой и консольным укладчиком (стакером), производящим подачу в штабель.

Отгрузка со склада с помощью второго продольного ленточного конвейера производится вторым механическим агрегатом, состоящим из поперечной несущей ленточный конвейер катучей мостовой фермы с роторным ковшовым колесом, зачерпывающим при вращении груз из штабеля и передающим его на конвейер фермы, а с него на второй продольный конвейер. Поскольку роторное колесо зачерпывает груз у подножия штабеля, достигается тот же эффект смещения и усреднения свойств груза, как и в предыдущем случае.

14. МНОГОЦЕПНОЙ СКРЕБКОВЫЙ ПИТАТЕЛЬ

Питатели являются необходимым звеном почти в каждой транспортной системе перемещения массовых грузов. Для случая сыпучих или мелких грузов имеется немало конструктивных типов питателей, в основном удовлетворяющих эксплуатационным требованиям. При перемещении же крупнокусковых (крупность 1—1,5 м) скальных грузов требуются механические способы, обеспечивающие равномерное извлечение их из емкостей (бункеров), в которых они накапливаются. На открытых разработках руд при циклично-поточной системе транспорта для выгрузки руды из промежуточного приемного бункера на стыке автомобильного (реже железнодорожного) и конвейерного транспорта питатель необходимо располагать по дну бункера и «принудительно» извлекать из него находящийся в нем груз.

К питателям этого типа, помимо обеспечения определенной производительности, предъявляются два основных требования — высокой прочности и возможности работы под завалом. Высокая прочность требуется из-за значительных статических и динамических нагрузок от лежащего в бункере и падающего с большой высоты из разгружаемых автосамосвалов или вагонов груза.

Для выгрузки из бункеров крупнокусовой скальной горной массы с высокой производительностью наибольшее применение получили пластинчатые и вибрационные питатели.

Недостатки пластинчатых питателей — большая масса, конструктивная сложность, большое число вращающихся элементов, а также значительная строительная высота [24]. Большая масса и конструктивная сложность пластинчатых питателей обуславливают их высокую стоимость.

Конструктивно проще, имеют значительно меньшую массу, строительную высоту и вместе с тем активно воздействуют на горную массу питатели скребкового типа с круглозвенными (кольцевыми) цепями. Такие питатели выпускаются фирмой «Вестфалия» (ФРГ) в зависимости от кусковатости груза и требуемой производительности с тремя — восемью тяговыми цепями, а следо-

вательно, с двумя — семью рядами расположенных в шахматном порядке скребков. Производительность таких питателей достигает 10000 т/ч.

Питатель состоит из рамы, тягового органа (цепи со скребками) и одного или двух головных двигателей, а также расположенного под питателем желоба, по которому движется обратная ветвь тягового органа. Сзади желоб закрыт спрофилированной крышкой, так что случайно затянутые на нижнюю ветвь частицы груза проталкиваются по ней скребками и возвращаются ими на верхнюю ветвь. Рама представляет собой две продольные балки

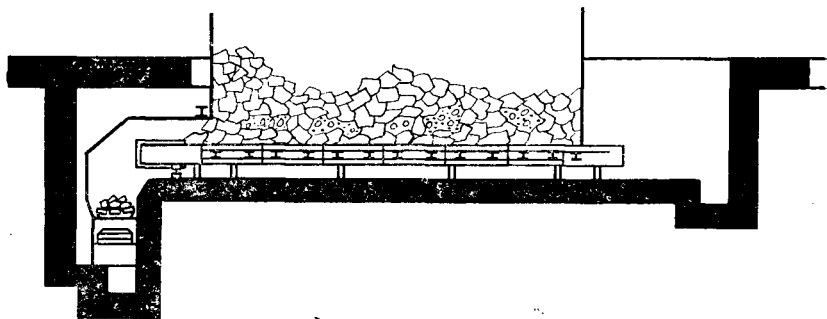


Рис. 42. Подбункерный усреднительный скребковый питатель

и настил, лежащий на поперечных балках. Поскольку основная рама находится между двумя ветвями тягового органа, строительная высота питателя невелика (практически равна диаметру звездочек).

Из-за небольшой скорости цепей со скребками настил, изготовляемый из листовой марганцовистой стали достаточно большой толщины, почти не изнашивается. Благодаря высокой прочности конструкции питатель может иметь значительную длину и применяться в качестве подбункерного (донного) усреднительного (рис. 42) при грузах практически любой крепости и крупности.

15. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ ТРУБОПРОВОДНЫЙ ТРАНСПОРТ

В Советском Союзе находятся в эксплуатации два угольных трубопровода — от гидрошахты «Юбилейная» на ЦОФ «Кузнецкая» длиной 11 км и от гидрошахты «Инская» до ГРЭС «Беловская» длиной 10,5 км. В обоих случаях себестоимость 1 т·км транспортирования получается в 2 раза меньшей, чем на железнодорожном транспорте. Подсчитано, что с увеличением производительности и длины трубопровода относительная стоимость 1 т·км снижается. Вместе с тем расчеты показывают, что трубопроводный транспорт угля на большие расстояния (в противопо-

ложность трубопроводному транспорту нефти, а также газа) не всегда дает оптимальное решение. Так, вместо гидротранспортирования энергетических углей от Экибастузского и Канско-Ачинского карьеров к теплоэнергоцентралям в европейской части Советского Союза оказывается эффективнее сжигать уголь в районах его добычи и передавать электроэнергию к расположенным на большом расстоянии потребителям (ток) высокого напряжения. Длина нескольких построенных транспортных трубопроводных систем может составлять сотни километров, диаметр труб 250—1000 мм.

В США находится в эксплуатации углепровод из штата Аризона в штат Невада длиной 439 км с диаметром труб 457 мм и производительностью 4,37 млн. т/год. Имеется в виду использовать углепровод из штата Вайоминг в штат Аризона длиной 658 км с диаметром труб 965 мм, производительностью 22,75 млн. т и углепровод из штата Монтана в штат Техас длиной 2029 км с диаметром труб 1067 мм и производительностью 27,3 млн. т в год [25].

Из крупных гидротранспортных систем заслуживает также внимания установка на востоке США для транспортирования золото- и ураносодержащих песков [26].

Отвалы разрабатываются тоже гидравлическим способом с помощью мониторов. Образовавшаяся при размыве отвалов гидро-смесь стекает в приемные емкости и из них нагнетается в транспортные трубопроводы. Линия, состоящая из трех параллельных трубопроводов с внутренним диаметром 450 мм, имеет длину от отвала до существующей обогатительной фабрики 108 км. Общая производительность их составляет 53 тыс. т/сут (около 18 млн. т/год). Скорость гидросмеси в трубопроводах принята 1,9 м/с.

Благоприятные достигнутые при эксплуатации протяженных угольных гидротранспортных систем экономические показатели послужили основанием для дальнейшего их развития. По данным 1983 г., в США завершена подготовка и ведется строительство еще 10 магистральных углепроводов длиной от 180 до 2400 км с диаметром труб до 1000 мм и производительностью до 55 млн. т в год.

При ряде экономических и экологических преимуществ трубопроводный транспорт характеризуется относительно большей энергоемкостью в сравнении с железнодорожным. По данным исследования, проведенного в ЧССР, соотношение энергоемкости автомобильного, водного, железнодорожного и трубопроводного транспорта выражается соответственно: 1,3; 0,3; 0,3; 0,4.

Большое значение для надежного функционирования гидротранспортных систем имеет обеспечение нужной консистенции и однородности состава гидросмеси. Подготовка гидросмеси выполняется на заводах, на которых производится дозирование подачи воды и транспортируемого материала и тщательное их перемешивание. На заводе из бункера 1 (рис. 43) уголь крупностью не более 5,1 см ленточным конвейером 2 подается на грохот со сдвоен-

ной решеткой 3 и 4. Надрешетный продукт крупностью $+9,5$ мм поступает в дробилку ударного действия 5, в которой измельчается до фракции размером 9,5 мм. Подрешетный продукт крупностью $-9,5$ мм из-под грохота и дробилки попадает на ленточный конвейер с весоизмерителем 6, смешивается с водой и проходит вторичное измельчение до предельной крупности 2,4 мм в стержневой мельнице 7. Образовавшаяся гидросмесь центробежным насосом 8 подается на контрольное сито 9. С него частицы угля некондиционной крупности возвращаются по трубопроводу 10 в стержневую мельницу 7, кондиционные просыпаются через сито в резервуар 12. В резервуаре, имеющем диаметр 38 м и высоту

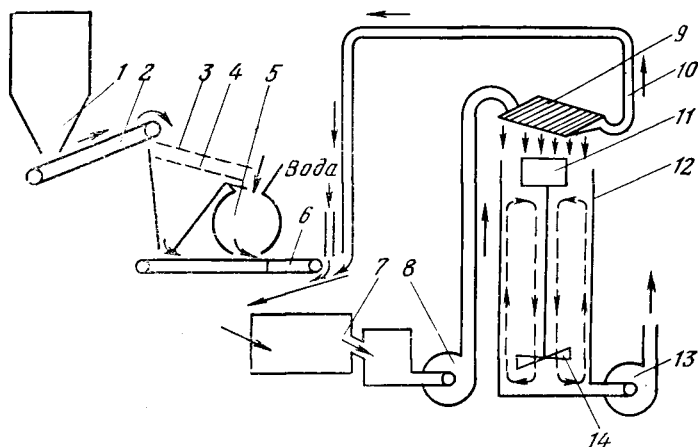


Рис. 43. Схема оборудования завода для подготовки угольной гидросмеси

26,5 м (количество их равно четырем), двумя механическими смесителями лопастного типа (верхним 11 и нижним 14) производится интенсивное перемешивание гидросмеси, совершающей движение вверх по периферии резервуара и вниз по оси его. Готовая к транспортированию гидросмесь из резервуара центробежным насосом 13 подается к основным насосам высокого давления, нагнетающим ее в трубопровод гидротранспортной системы.

Одно из условий экономичности эксплуатации трубопроводного гидротранспорта — долговечность трубопровода, подверженного коррозионному и абразивному износам перемещаемой гидросмесью. При движении мелкоизмельченного угля износ трубопровода от механического воздействия частиц незначителен. Напротив, в случае абразивных материалов, таких, как зола, кварцевый песок, хвосты обогащения руды и пр., износ труб резко возрастает. Зернистость таких материалов обычно превышает такие же свойства угольной гидросмеси, и для предотвращения закупорок требуются повышенные (до 4 м/с) скорости потока, а это в свою очередь увеличивает износ труб.

Полиэтиленовые, поливинилхлоридные, с внутренним покрытием из плавленного базальта трубы повышают абразивную стойкость трубопроводов. К тому же полиэтиленовые трубы имеют меньшую стоимость, чем стальные.

Специальную область применения гидротранспорта составляет использование его в угольных шахтах для транспортирования крупных сортов угля от забоя до обогатительной фабрики. Обычно этот способ транспорта связывается с гидромеханизацией в забое, осуществляемой с помощью гидромониторов, выбрасывающих струю воды под высоким давлением. Гидросмесь скапливается в зумпфере и из него перекачивается на поверхность. В США разработана система шахтного гидротранспорта при механическом способе добычи и без накапливания гидросмеси в зумпфе. Схема такого комплекса, работающего в узком забое, показана на рис. 44. Комплекс состоит из последовательно соединенных друг с другом комбайна 1, самоходной тележки с небольшим бункером и донным конвейером 2, питателя-дробилки 3, в которой производится дробление угля до размера — 50 мм и смесителя 4 для изготовления гидросмеси. Основная трудность состояла в том, чтобы автоматически поддерживать в имеющем небольшие размеры смесителе однородность состава гидросмеси и постоянный (практически — незначительно колеблющийся) ее уровень. Из смесителя гидросмесь закачивается в резиновый шланг, укладываемый зигзагообразно и на другом конце примыкающий к стационарному трубопроводу. По мере продвижения комбайна резиновый шланг постепенно выпрямляется и, после того как вытянется полностью по прямой линии, отключается, и стационарный трубопровод гидросмеси наращивается по длине, а резиновый шланг снова укладывается зигзагом.

В качестве гидроподъема угля из шахты на поверхность [27] находят применение эрлифты, в которых водовоздушная угольная гидросмесь поднимается по вертикальному трубопроводу под действием давления подаваемых снизу воды и воздуха (рис. 45). В зумпф 5 по трубопроводу 3 под напором подается сжатый воздух и по спуску 4 — гидросмесь. Добавочное количество воды подается по трубопроводу 7. Водовоздушная гидросмесь поступает в трубопровод 8 и по пути, пройдя смеситель 6 и воздухоотделитель 2, поступает в трубопровод на поверхности 1. Как показывает практика применения эрлифтов, они обеспечивают подъем угля на большую высоту.

16. ВИНТОВОЙ КОНВЕЙЕР ДЛЯ ДОСТАВКИ ПО ЛАВЕ

Как известно, в качестве доставочного средства по лаве угольных шахт скребковый конвейер занимает монопольное положение. Навалка угля на конвейер в разных точках по его длине производится последовательно добычным и погрузочным агрегатом — комбайном или стругом — по мере его продвижения вдоль лавы.

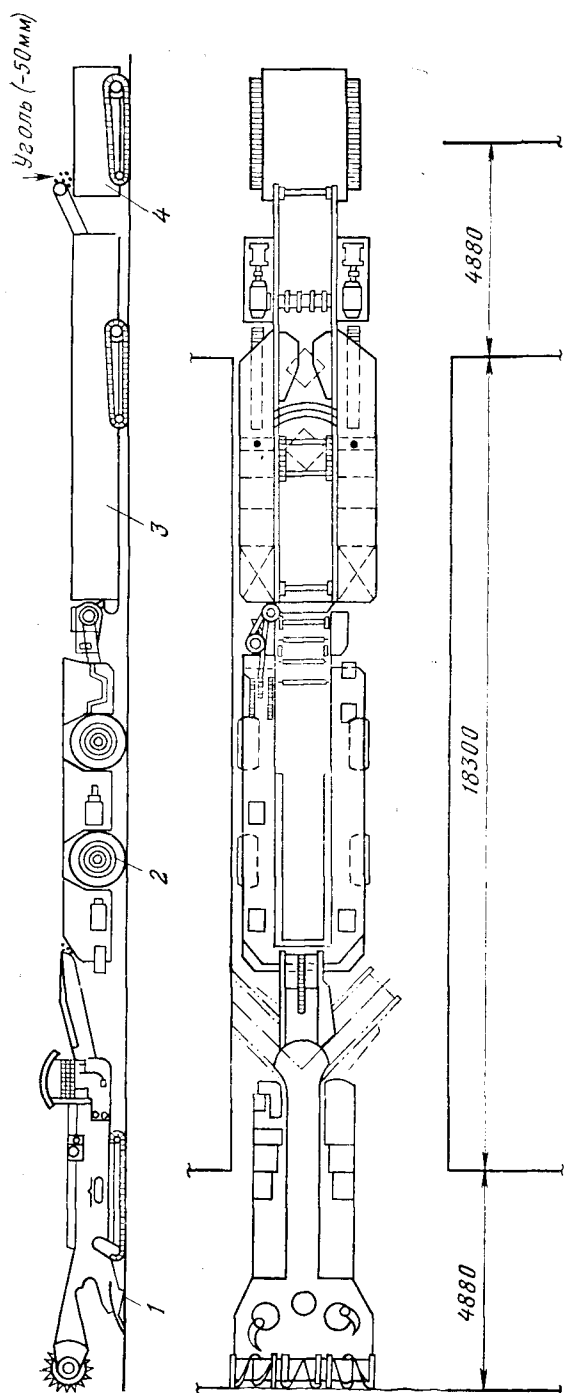


Рис. 44. Схема призабойного комплекса для приема угля и приготовления угольной гидросмеси

В стремлении интенсифицировать процесс добычи в лаве ведутся работы по замене механических забойных добычных агрегатов взрывной отбойкой одновременно по всей длине лавы и вместе с тем по замене требующего навалки скребкового конвейера винтовым, обладающим свойством самозагрузки (самонавалки).

Взрывная отбойка угля предусматривается способом пробуривания из штрека длинных параллельных скважин и размещения в них рассредоточенных зарядов ВВ. При извлечении буровой

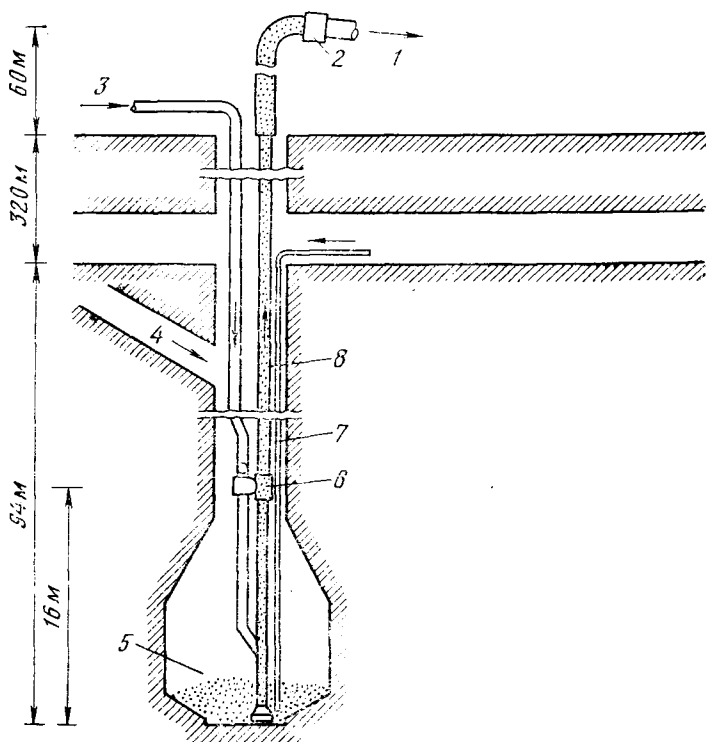


Рис. 45. Схема эрлифтного углеподъема

штанги в скважины вместе с детонирующим шнуром затягиваются рассредоточенные заряды ВВ. Для увеличения эффекта взрыва скважины заполняются водой. Крупность отбитого угля регулируется числом скважин и количеством размещаемых в них зарядов ВВ.

Желоб, предназначенный для самозагрузки винтового конвейера, имеет специальную серповидную конструкцию с отсутствующей со стороны забоя стенкой, так что винт входит в непосредственное соприкосновение с навалом отбитого взрывом угля. Корпус конвейера соединен с механизированной крепью, для которой он служит опорной балкой (рис. 46). При вращении винта загрузка

и продольное продвижение угля происходят по всей длине лавы. По мере выгрузки лавы крепь вместе с конвейером надвигается на забой, и процесс навалки и транспортировки происходит непрерывно по всей длине лавы.

Отличительной особенностью рассматриваемого винтового конвейера является его приспособленность к любым геологическим условиям лавы. Секции забойного винтового конвейера соединяются между собой не жестко, как на стационарных установках,

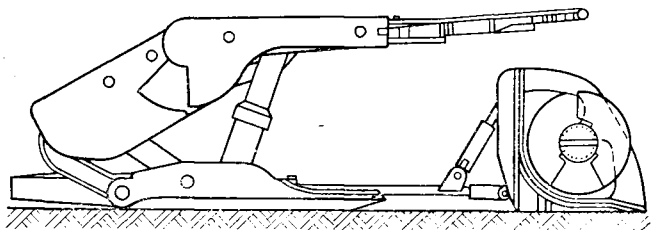


Рис. 46. Винтовой забойный конвейер в комплексе с механизированной крепью

а с помощью карданных шарниров, допускающих их взаимное отклонение в любом направлении и осевое перемещение соседних секций. Соединения размещаются на концах полых (трубчатых) валов винтов. Другая особенность конструкции конвейера состоит в том, что закрепленными в желобе подшипниками воспринимается действующее на винт продольное реактивное усилие на каждой секции в отдельности.

Проектированию погрузочно-доставочного конвейера данного типа предшествовал большой комплекс экспериментальных исследований, предназначенных для получения качественной и количественной характеристик процессов самонавалки и транспортирования при разных коэффициентах заполнения сечения винта. Изучение рабочего процесса производилось на специальной экспериментальной установке с желобом из прозрачного материала, причем коэффициент заполнения сечения изменялся в широких пределах.

Было установлено, что, как и на стационарных винтовых установках, при превышении коэффициента заполнения сечения сверх определенного предела (30%) происходит не только процесс перемещения, но и захват винтом и вовлечение во вращение вместе с винтом части груза, вследствие чего замедляется продольное перемещение и значительно возрастает удельный расход энергии. Оптимальные условия транспортирования достигаются, когда став винта вплотную придвинут к развалу взорванного угля и откос угля как бы заменяет отсутствующую со стороны забоя стенку желоба. Характерно, что непрямолинейность става не ухудшает процесс перемещения.

Винтовой забойный конвейер при соответственных размерах винта и правильно выбранном соотношении шага спирали и диаметра винта, а также частоты вращения (от 50 до 100 об/мин)

обеспечивает скорость продвижения угля до 1,66 м/с и производительность до 300 т/ч (расчетная производительность при 15,6 рабочих часа в сутки 5000 т/сут).

Винтовой конвейер может работать как по падению, так и по восстанию, причем работа по падению, т. е. с использованием составляющей от веса угля, создает несколько более благоприятные условия транспортирования.

Потребная мощность двигателей при нормальном режиме работы и длине лавы 200 м составляет 154 кВт, однако с учетом возможности временного выхода из номинального режима установленная мощность для этой длины лавы рекомендована равной 660 кВт. Для уменьшения скручивающего момента на валу привода может быть расположен на обоих концах конвейера, причем большая часть общей мощности подводится к головной части конвейера. Определенный по этим данным общий коэффициент сопротивления на винтовом конвейере примерно равен или несколько превышает коэффициент сопротивления на забойном скребковом конвейере, не обладающем свойством самонавалки и имеющем добавочные потери от трения на обратной ветви скребковой цепи.

17. ШАХТНЫЙ МОНОРЕЛЬСОВЫЙ ЭЛЕКТРОВОЗ С БЕСКОНТАКТНЫМ ЭЛЕКТРОПИТАНИЕМ

В шахте с конвейерным транспортом и в гидрошахтах, разрабатывающих горизонтальные и пологие пласты, для перевозки вспомогательных грузов и людей нередко применяются подвесные монорельсовые дороги с локомотивной (преимущественно дизелевозной) или с канатной тягой.

Для замены сложных по конструкции и уходу, особенно во взрывобезопасном исполнении, дизелевозов, которые даже при усовершенствованной очистке отходящих газов загрязняют шахтную атмосферу, начаты работы по созданию шахтных монорельсовых электровозов с бесконтактным электропитанием (рис. 47), а следовательно, допускающих эксплуатацию в газовых шахтах.

Такой электропоезд состоит из сдвоенной кабины управления, электротягача (рис. 48) и грузового или пассажирского вагона (или нескольких вагонов).

Каждая из составных частей этого поезда подвешена на четырехколесных тележках, движущихся по нижней полке двутавра.

В бесконтактную систему электропитания входят первичный (верхний) и вторичный (нижний) сдвоенные кабели. Первичный кабель протянут вдоль всего рельсового пути и лежит с двух сторон монорельса на закрепленных на нем сверху полках. На одном конце пути этот кабель образует петлю, на другом подключен к источнику однофазного переменного тока напряжением 380 и 660 В промышленной частоты.

Сверху на корпусе электротягача и кабины расположены магнитопроводы цилиндрической формы, сквозь которые свободно пропущен первичный кабель, приподнимаемый с полок при движении поезда. Вторичный кабель тоже пропущен сквозь магнито-

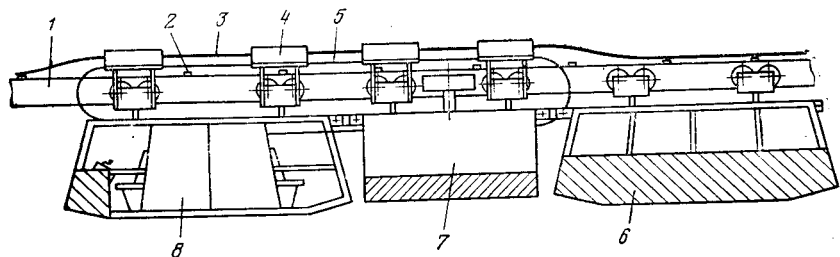


Рис. 47. Электропоезд с бесконтактным электропитанием:

1 — монорельсовый путь; 2 — полки для первичного кабеля; 3 и 5 — соответственно первичный и вторичный кабели; 4 — магнитопроводы; 6 — грузовая (пассажирская) вагонетка; 7 — электротягач; 8 — кабина управления

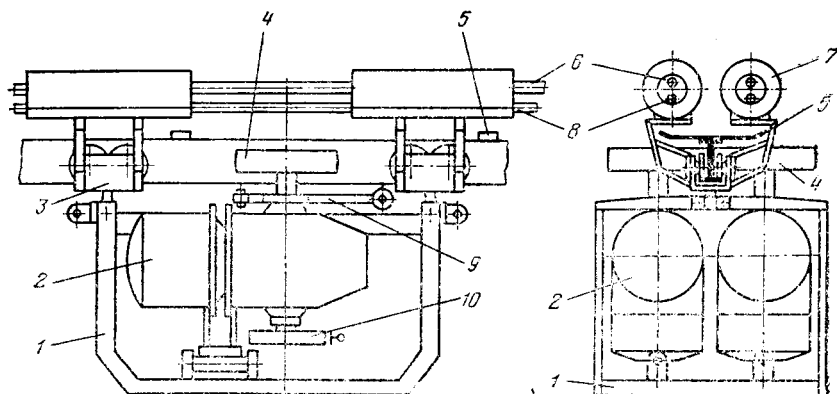


Рис. 48. Схема электротягача:

1 — рама; 2 — приводные блоки; 3 — ходовые каретки; 4 — приводные колеса; 5 — полки для первичного кабеля; 6 — первичный кабель; 7 — магнитопровод; 8 — вторичный кабель; 9 — прижимное устройство; 10 — тормозная шайба

проводы, но зафиксирован в них и подключен к выпрямителю, размещенному в кабине управления.

Работа электропоезда происходит следующим образом. Ток, протекающий по первичному кабелю, создает магнитный поток в магнитопроводе. При этом во вторичном кабеле индуцируется э. д. с. и в нем протекает ток, питающий после выпрямления тяговые двигатели, вращающие приводные колеса, закрепленные на вертикальных осях и прижатые пружинами к стенке таврового рельса.

Техническая характеристика экспериментальной монорельсовой дороги данного типа приведена ниже.

Скорость движения, м/с	0—2
Максимальный угол наклона пути, градус	18
Грузоподъемность в зависимости от наклона пути, т	2—7
Сила прижатия приводных колес, кН	40
Мощность двигателей приводных блоков, кВт	2×12
Габариты электротягача, мм	$2250 \times 1326 \times 1475$
Минимальный радиус закругления пути, м:	
в горизонтальной плоскости	4,5
в вертикальной плоскости	10

Проверка основных характеристик тягача электропитания и работоспособности дороги в целом производилась на экспериментальном участке. Был также установлен коэффициент сцепления стальных тяговых колес с монорельсом, изменявшийся в широких пределах в зависимости от состояния поверхности монорельса: 0,4 при сухом чистом монорельсе и 0,04 при монорельсе, покрытом слоем пыли с добавкой смазки. Для выполнения тяговых расчетов коэффициент сцепления для влажного монорельса рекомендуется принимать равным 0,2. При замене стальных приводных колес пневмошинами (от легкого автомобиля) коэффициент сцепления находится в пределах от 0,8 до 1,0. При этом из-за возрастания коэффициента сцепления, а следовательно, уменьшения потребной силы давления приводных колес на стенку монорельса в 3—4 раза снизился коэффициент сопротивления движения электротягача по рельсу.

Полученный при испытаниях к. п. д. системы энергопитания оказался равным 0,6.

Работы по созданию и дальнейшим шахтным испытаниям оборудования подвесной дороги по схеме бесконтактного электропитания выполняются Донецким политехническим институтом совместно с НПО «Углемеханизация».

18. ВИБРОПНЕВМОТРАНСПОРТНЫЕ УСТРОЙСТВА

Пневматические транспортные установки традиционного типа требуют весьма высокого расхода воздуха для поддержания перемещаемого по трубопроводу насыпного груза во взвешенном состоянии. Это в первую очередь относится к тяжелым кусковым грузам, например к дробленому закладочному материалу. Для сообщения насыпному грузу большой скорости на коротком участке стационарного пневмотрубопровода или в вибропневмозакладочной машине находят применение принцип совмещения пневматического транспортирования с сообщением трубопроводу вибраций. Вибропневматические закладочные установки отвечают современным технологическим требованиям и обеспечивают высокий уровень механизации закладочных работ, поточную доставку закладочного материала и плотную укладку закладочного массива.

ва. Одним из прогрессивных направлений пневматической закладки является использование породы, получаемой при проведении подготовительных выработок вслед за лавой с подрывкой. Для использования породы от подрывки в качестве закладочного материала она должна быть подвергнута предварительному дроблению с целью обеспечения эффективного перемещения закладочной установкой.

Для механизации закладочных работ при проведении подготовительных горных выработок вслед за лавой и подачи закладки в смежное выработанное пространство находит применение передвижной дробильно-закладочный комплекс «Титан I», в состав которого входит роторно-зубчатая дробилка с редукторной трансмиссией и пневмо- или гидрозакладочная установка. Создание этого комплекса преследовало цель механизации одного из наиболее трудоемких процессов технологии добычи угля — закладки выработанного пространства угольных шахт, которая позволяет обеспечить отработку пожаро- и выбросоопасных пластов, охрану подготовительных горных выработок, управление горным давлением в сложных горно-геологических условиях, извлечение высококачественных углей под густонаселенными, промышленными и сельскохозяйственными районами, сокращение выдачи породы и устранение породных отвалов, сохранение ландшафта. Поскольку подготовка закладочного материала осуществляется непосредственно в шахте и зачастую непосредственно в забое проводимой горной выработки, главной проблемой дробления и основными требованиями, предъявляемыми к шахтным дробилкам, являются взрывобезопасность по фактору трещинообразования как в исполнительном органе, так и в приводе, малогабаритность конструкции и возможность работы без фундамента. Предъявляемым требованиям отвечают роторно-зубчатые дробилки с механической трансмиссией, а также вибрационные щековые и роторные дробилки. У дробилок вибрационного принципа действия отсутствует трещинообразование в процессе дробления из-за ограниченных скоростей взаимодействия дробящего органа с породой и отсутствия между ними проскальзывания. Трансмиссия у дробилок этого типа механическая, что также удовлетворяет требованиям взрывобезопасности.

В первую очередь могут быть применены щековые вибрационные дробилки, которые в силу своих принципиальных и конструктивных особенностей весьма пригодны для использования в закладочных комплексах.

Существующие в настоящее время щековые вибрационные дробилки можно разделить на два основных вида: с шарнирным соединением щеки с рамой и с соединением щеки с рамой упругими элементами.

Шарнирная однощековая вибрационная дробилка с инерционным приводом имеет подвижную и неподвижную щеки. Неподвижная щека жестко закреплена в раме дробилки, подвижная подвешена на шарнире, а нижний ее конец опирается на упругую си-

стему. Привод подвижной щеки осуществляется дебалансным вибратором. При вращении дебаланса подвижная щека совершает колебания относительно шарнира с достаточно высокой частотой, угол качения щеки постоянный, амплитуда увеличивается от оси подвеса к концу щеки. Горная масса дробится между подвижной и неподвижной щеками, при этом возникающие в процессе дробления усилия от щеки передаются на раму дробилки в основном через неподвижную щеку и отчасти через шарнир. Дробилки этого типа просты по конструкции и надежны в работе. Однако вследствие того, что усилия, возникающие в процессе дробления, передаются на раму, последнюю в целях снижения колебаний конструкции приходится утяжелять. Вибрационная дробилка с двумя подвижными щеками, подвешенными с помощью шарниров и упругих элементов в раме, приводится в действие дебалансными вибраторами. Дробление породы производится между двумя подвижными щеками. В дробилке этого типа дробящие усилия также в значительной мере передаются на раму, однако в силу симметричности конструкции горизонтальные составляющие до некоторой степени уравниваются, что снижает вибрации рамы в процессе дробления. Для снижения передачи вертикальных составляющих нагрузки на несущие конструкции установку дробилки осуществляют на фундамент с использованием амортизирующих упругих связей. Вертикальные колебания рамы способствуют повышению пропускной способности дробилки, что достигается тем, что соответствующей настройкой обеспечивается раскрытие щек при ходе всей дробилки вниз. При этом материал приобретает дополнительную начальную скорость, равную скорости движения дробилки. Процесс ускорения горной массы происходит следующим образом. В крайнем верхнем положении породы находится в зажатом состоянии между щеками и ей сообщается движение вниз со скоростью перемещения рамы дробилки, так как движение породы относительно щек отсутствует. Путем соответствующей настройки раскрытие щек производится в тот момент, когда скорость движения рамы, а следовательно, и дробимой породы вниз приобретет максимальное значение. Поэтому свободное движение материал начинает со скоростью, соответствующей скорости движения рамы дробилки в момент освобождения щек. Затем цикл дробления и ускорения горной массы возобновляется.

В двухщековой вибрационной дробилке, щеки которой соединены с рамой упругими элементами, привод осуществляется самобалансными вибраторами. Рама дробилки изолируется от несущих конструкций амортизаторами. Вибраторам сообщается синхронное вращение в противоположные стороны, вследствие чего щеки колеблются в противофазе, дробя загружаемую между ними породу. Преимуществом такой двухщековой вибрационной дробилки является то, что дробящие усилия замыкаются на дробимой породе. Соединение щек с рамой упругой системой предотвращает непосредственную передачу на нее дробящих усилий. Гори-

горизонтальные составляющие реакции упругой системы на раму из-за резонансной настройки системы невелики и от каждой щеки направлены в противоположные стороны, вследствие чего практически полностью уравниваются. Для предотвращения передачи вертикальных составляющих усилий, а также случайных колебаний рама изолируется от несущих конструкций амортизаторами.

Вертикальные составляющие реакций остаются неуравновешенными, в результате чего они обуславливают колебания рамы дробилки и увеличивают скорость прохождения материала как в дробилке, рассмотренной ранее. Одним из недостатков дробилок этого типа является повышенная раздвижка щек при некоторых режимах ее загрузки. При этом возникают перегрузки упругой системы, сокращающие срок ее службы. Для предотвращения чрезмерной раздвижки между щеками и рамой устанавливают пневмокомпенсационную упругую систему, которая, обладая малой жесткостью и практически не меняя суммарной жесткости упругой системы дробилки, способна создавать значительные усилия, компенсирующие статическую составляющую дробящих усилий.

Разработаны двухщечковые вибрационные дробилки, у которых между щекой и вибратором, соединенными резонансной упругой системой, установлены ударные буфера. При дроблении породы ограниченной крепости резонансная упругая система деформируется незначительно и буфера не входят в контакт друг с другом — дробление идет в обычном режиме. При попадании особо крепкой породы щеки затормаживаются и возрастает амплитуда колебаний вибратора до тех пор, пока не произойдет соударение буферов. При ударе буферов реализуются большие дробящие усилия и обеспечивается дробление особо крепких пород. Дробилка по рассмотренной схеме может быть рекомендована для использования в специальных условиях, когда производится дробление пород с резко изменяющейся прочностью.

Разработаны щечковые вибрационные дробилки с несколькими дробильными камерами. На раме вибрационной дробилки с двумя камерами дробления жестко установлены две неподвижные щеки и через упругую систему одна подвижная щека с двумя рабочими поверхностями. Подвижной щеке сообщаются колебания инерционным самобалансным вибратором. Такое устройство вибрационной дробилки устраняет холостой ход, так как щека при ходе в любом направлении дробит породу, находящуюся в соответствующей рабочей полости дробилки. Преимущество дробилки — наличие лишь одного вибратора, вследствие чего упрощается ее конструкция, так как отпадает необходимость в устройстве, синхронизирующем вращение вибраторов. Наличие двух камер обеспечивает более равномерные нагрузки на щеки и более стабильную работу дробилки. Однако эта дробилка не вполне уравновешена. Более уравновешена вибрационная дробилка с тремя камерами дробления. Дробилка имеет две подвижные щеки, установленные

с помощью упругих элементов в раме, и две неподвижные щеки. Привод щек осуществляется самобалансными инерционными вибраторами. Вибрационная дробилка может иметь эластичные щеки. Она состоит из корпуса, в котором закреплены щеки, выполненные из эластичного материала с завулканизированными в нем металлическими вставками. Колебания щек осуществляются нагнетанием под них рабочей жидкости или впуском сжатого воздуха с помощью управляющего устройства. Преимущества эластичных щек — небольшая масса, а следовательно, пониженные динамические нагрузки; возможность совершения больших ходов и замена сил трения щеки о породу в месте образования разрушающей трещины силами упругой деформации эластичного материала щеки. Устранение сил трения снижает усилия, возникающие в процессе разрушения дробимого материала, т. е. в конечном счете повышает эффективность дробления. Для устранения сил трения породы о щеку при образовании разрушающей трещины могут быть применены композитные упругие покрытия для обычных дробящих щек. Покрытие состоит из эластичного материала, в котором завулканизированы шары. Эластичное покрытие крепится на дробящей поверхности щеки. Шары могут быть завулканизированы таким образом, чтобы они касались поверхности щеки или между ними оставался зазор. При наличии зазора в процессе дробления происходит удар шаров о щеку, ударный импульс передается дробимой породе, повышается эффективность процесса дробления.

Для обеспечения равномерной подачи породы в рабочую камеру дробилки, а также для предварительного отсева мелочи могут быть использованы вибрационные дробилки с загрузочными колосниковыми решетками, которые установлены на раме дробилки с помощью упругих элементов. Вследствие вибрации рамы колосники совершают колебания, что способствует равномерной подаче породы в камеру дробления. Изменяя наклон колосников, можно регулировать производительность загрузки породы в дробилку.

Однощечковая вибрационная дробилка-грохот предназначена для дробления негабарита и отсева мелочи. Дробилка-грохот состоит из колосниковой решетки, установленной с помощью упругих элементов на раме. Дробящая щека с инерционным вибратором при помощи упругой системы крепится к колосниковой решетке. При подаче на колосниковую решетку рядовой породы мелочь просыпается через отверстия, а негабарит дробится щекой.

В качестве привода щечковых вибрационных дробилок используются также эксцентриковые вибраторы и вибраторы для возбуждения параметрических колебаний щек.

Из других типов вибрационных дробилок, предназначенных для подготовки горной массы, следует выделить роторные и конусные. Роторная дробилка состоит из рамы, на которой располагаются неподвижные или подпружиненные щеки. Между ними устанавливается ротор, смонтированный на упругих эксцентриках. Дробящий орган представляет собой цилиндрическую втулку, свобод-

но вращающуюся на эксцентриках. Между ротором и боковыми щесками образуются две дробильные камеры. При вращении эксцентрикового вала ротор совершает круговые колебания, дробя горную массу попеременно в каждой из камер. Вследствие компактной конструкции и искробезопасности роторная дробилка может использоваться в проходческих комплексах для подготовки закладочного материала.

Дробилка с поступательно перемещающимися конусами состоит из наружного и внутреннего дробящих конусов. Между конусами образуется кольцевая камера дробления, имеющая по высоте различное сечение. Наружный и внутренний конусы закреплены на раме с помощью упругих элементов. Рама опирается на несущие конструкции через амортизаторы. На внутреннем и наружном конусах установлены дебалансные вибраторы, соединенные друг с другом карданными валами и работающие в противофазе. Дробилка оборудуется загрузочным бункером и разгрузочной воронкой. При вращении дебалансных вибраторов дробящие конуса колеблются в противофазе, дробя поступающий между ними из загрузочного бункера материал. Дробилку этого типа целесообразно использовать при подготовке мелкого закладочного материала, более легко перемещаемого вибропневмотранспортом.

Вибропневмозакладочные установки могут выполняться по двум схемам. По первой схеме колебания сообщаются всему трубопроводу, при этом достигается максимальный эффект от сочетания вибрационного и пневматического принципов транспортирования [29, 30]. Однако такая установка получается конструктивно сложной. В установках, выполненных по второй схеме, колебания сообщаются только разгонному участку трубопровода или только питателю. В этом случае в основном достигается эффект равномерного формирования двухфазной смеси закладочного материала и воздуха.

Установка первого типа аналогична трубчатому вибрационному конвейеру, в который с помощью камерного, барабанного или эжекторного питателя подается закладочный материал. Питатель соединяется с трубопроводом упругой муфтой, предотвращающей передачу на него вибрационных воздействий. Чаще колебания сообщаются лишь разгонному участку трубопровода, а основная часть магистрали остается обычной. В этом случае вибрирующий разгонный участок трубопровода с основной магистралью соединяется упругой муфтой. Такая комбинированная установка проще, но вместе с тем обеспечивает снижение сопротивлений перемещению закладочного материала только на разгонном участке, на котором наиболее часты закупорки и велики потери давления воздуха. Снижение сопротивлений транспортированию происходит вследствие того, что при движении по вибрирующему трубопроводу закладочный материал движется во взвешенном состоянии при меньших скоростях воздушной струи, и поэтому создаются более благоприятные условия его взаимодействия с воздушным потоком, что повышает эффективность передачи ему энергии от транспорти-

рующей струи. Существенно снижается также интенсивность износа закладочного трубопровода.

Вибропневматические закладочные машины бывают камерного и эжекторного типов. В обоих случаях всей машине сообщаются колебания, что улучшает поступление и выдачу закладочного материала, предотвращает закупорки и улучшает образование двухфазной смеси закладочного материала с воздухом. Камерные машины осуществляют ввод закладочного материала в рабочий трубопровод за счет попеременной работы камер в режиме «загрузка-разгрузка» с соответствующим соединением их с атмосферой и с магистралью. В эжекторных машинах ввод материала производится в зону пониженного давления или в зону подсоса воздуха, создаваемую кольцевыми или центральными соплами.

19. ТРАНСПОРТИРУЮЩИЕ МАШИНЫ С ВОЛНООБРАЗНЫМИ И ВОЛНОВЫМИ ДВИЖЕНИЯМИ ГРУЗОНЕСУЩЕГО ОРГАНА

В отличие от традиционных типов транспортирующих установок непрерывного действия, таких, как ленточные, пластинчатые или скребковые конвейеры, в которых груз перемещается совместно с перемещением грузонесущего органа с одинаковыми или близкими скоростями, в установках рассматриваемого типа элементы грузонесущего органа совершают лишь колебания относительно некоторого среднего положения, а поступательное движение сообщается только грузу. Вместе с тем грузонесущий орган транспортирующих установок с волнообразными и волновыми движениями не является жесткой системой, колеблющейся целиком по единому закону, как это имеет место в вибрационных транспортирующих установках. В устройствах с волнообразными движениями он состоит из отдельных элементов, которые совершают колебания со сдвигом по фазе по отношению друг к другу, в установках волнового действия грузонесущий орган является упругим деформируемым телом, по которому могут распространяться волны. В обоих типах установок на транспортирующей поверхности грузонесущего органа формируются волны, которые могут быть как стоячими, так и бегущими. В установках с волнообразными движениями, грузонесущий орган которых состоит обычно из двух комплектов противофазно колеблющихся элементов, воспроизводятся только горбы и впадины волны. В установках с деформируемым грузонесущим органом может быть сформирован полный профиль волн.

В общем случае процесс транспортирования формируется совместным действием поперечных и продольных волн, однако в определенных условиях перемещение груза может достигаться только поперечными или только продольными волнами. Эффект транспортирования может быть достигнут как при стоячих, так и при бегущих волнах. В первом случае скорость перемещения груза определяется только скоростями колебаний точек транспортиру-

ющей поверхности, во втором случае при определенных условиях возможен принципиально отличный способ транспортирования при скоростях, близких к скорости распространения волны.

С рассмотренных позиций вибрационный способ транспортирования является частным случаем волнового и соответствует режиму, когда сдвиг фаз между перемещениями смежных частей грузонесущего органа равен нулю.

От поперечных волн на транспортирующей поверхности в основном зависит характер взаимодействия ее с перемещаемым грузом, в то время как продольные волны определяют скорость транспортирования груза. Особенность бегущих волн заключается в том, что как поперечные, так и продольные волны распространяются вдоль транспортирующей поверхности с определенной скоростью, которая получила название фазовой скорости; у стоячих волн фазовая скорость равна нулю.

Волнообразные движения транспортирующей поверхности создаются в установках различного конструктивного исполнения. Грузонесущий орган может быть выполнен из колосниковых решеток, расположенных таким образом, что колосники одной решетки располагаются между колосниками другой. Решетки могут совершать противофазные относительные поступательные перемещения, в общем случае как в продольном, так и в поперечном направлениях. В установках другого типа грузонесущий орган составлен из двух комплектов пластин, расположенных таким образом, что пластины каждого комплекта могут поворачиваться в противоположные стороны на некоторый угол относительно друг друга. И, наконец, имеются устройства, в которых грузонесущий орган скомпонован из двух систем эксцентриковых валов, вращающихся в одну сторону и имеющих по отношению друг к другу сдвиг по фазе.

В зависимости от характера движения транспортирующих элементов каждой системы на рабочей поверхности грузонесущего органа формируется подобие стоячих волн, которые могут быть поперечными, продольными или их комбинацией. При этом гребень волны может быть расположен как поперек, так и вдоль грузонесущего органа.

В транспортирующих машинах с волнообразными движениями, использующимися для перемещения крупнокусовых грузов, грузонесущий орган которых выполнен из совмещенных колосниковых решеток, могут быть реализованы как прямолинейные, так и эллиптические колебания. При этом рабочей частью траектории, на которой происходит взаимодействие с крупными кусками груза, является верхняя часть гармоники каждой решетки. Из-за наличия двух решеток частота взаимодействий с грузом удваивается по отношению к частоте колебаний колосниковых решеток. При этом продольная и поперечная составляющие перемещения транспортирующей поверхности определяются закономерностями колебаний колосниковых решеток. При прямолинейных колебаниях составляющие перемещений находятся в одной фазе, при эллипти-

ческих между ними имеется сдвиг фаз, обусловленный конфигурацией эллиптической траектории колосниковых решеток.

Транспортирующие машины с волнообразными движениями транспортирующей поверхности, грузонесущий орган которых выполнен из совмещенных колосниковых решеток, в сравнении с обычными транспортирующими машинами более эффективны при перемещении кусковых грузов толстым слоем. Так, в вибромашинах, работающих в режиме прямолинейных гармонических колебаний, максимальная эффективность процесса транспортирования достигается при углах полета груза в пределах от 270 до 300°. В транспортирующих машинах с волнообразными движениями грузонесущего органа та же эффективность перемещения может быть достигнута при вдвое меньших углах полета груза. В результате этого создается возможность эффективного перемещения труднотранспортируемых грузов при уменьшенных ускорениях колебаний грузонесущего органа. Вследствие воздухопроницаемости грузонесущего органа транспортирующих машин с волнообразными движениями транспортирующей поверхности в них устранена опасность возникновения аэродинамических сопротивлений в слое груза, затрудняющих его перемещение и снижающих скорость транспортирования.

В транспортирующих машинах с волновыми перемещениями транспортирующей поверхности, колосниковые решетки которых совершают эллиптические колебания, грузонесущий орган на рабочем участке траектории движется только в направлении транспортирования. Таким образом, у этого типа транспортирующих машин отсутствует на рабочем участке траектории характерное для всех видов вибрационных транспортирующих машин периодическое движение грузонесущего органа в сторону, противоположную направлению транспортирования. Из-за однонаправленного движения грузонесущего органа на рабочем участке траектории может быть повышена скорость транспортирования груза. Создается также возможность перемещения без интенсивного подбрасывания груза или вообще без его подбрасывания при достаточно высокой эффективности процесса. Указанная особенность транспортирующих машин с волнообразными движениями транспортирующей поверхности с эллиптическими колебаниями колосниковых решеток делает их применение весьма желательными при перемещении крупнокусковых грузов, например скальных, так как при этом (в отсутствие подбрасывания) снижаются динамические нагрузки и увеличивается долговечность конструкции.

Передвижной питатель-грохот ПВГ-2 с волнообразными движениями рабочего органа представляет собой уравновешенную двухмассную колебательную систему, опирающуюся в неподвижной точке. Рабочий орган выполнен из двух отдельных колосниковых решеток, колеблющихся в противофазе. Рабочий орган опирается на резинометаллическую упругую систему, состоящую из двух стальных цилиндров, соединенных резиновыми кольцами. Металлические цилиндры крепятся к каждой отдельной системе колос-

никовых решеток, и, так как цилиндры разделены резиновыми кольцами, каждый комплект колосниковых решеток обладает подвижностью относительно другого. В центре внутреннего цилиндра размещена неподвижная ось системы решеток. Благодаря такому соединению колосниковые решетки могут совершать независимые колебания. В качестве привода применены спаренные инерционные вибраторы, возмущающая сила которых изменяется по эллиптическому закону. Вибратор для создания эллиптических колебаний состоит из двух валов, вращающихся в подшипниках качения, установленных в корпусе вибратора. Концы валов консольно выступают из корпуса, на средней их части установлены шестерни, соединяющие их между собой и обеспечивающие синхронное вращение в противоположные стороны. На консольных конических концах валов насажены дебалансы, причем момент инерции одной из пар дебалансов больше, чем другой. Для обеспечения равной нагрузки подшипниковых узлов большие дебалансы насажены на более короткие консольные валы. В дебалансах имеются отверстия с устройствами для крепления регулировочных грузов. Каждый комплект колосниковых решеток приводится в колебательное движение своей парой вибраторов, установленных по бокам и соединенных друг с другом карданными валами для обеспечения синхронной работы. При этом дебалансы вибраторов, установленных на различных комплектах колосниковых решеток, смещены на угол 180° . Вибраторы приводятся во вращение электродвигателем через раздаточную коробку, синхронизирующую их вращение, с помощью карданных валов. Под действием возмущающей силы колосниковые решетки колеблются в противофазе, поэтому реакции от опорных упругих элементов уравниваются на опорной раме, что устраняет необходимость применения тяжелых фундаментов.

Основными элементами рабочего органа грохота ВГ-1 с волнообразными движениями рабочего органа являются автономные колосниковые решетки-секции, связанные с неподвижными балками короткими рессорами из резинокордной конвейерной ленты. Колосники приводятся в колебательное движение инерционными самобалансными вибраторами, установленными на их торцах. Валы вибраторов со смещенными дебалансами соединены между собой упругими муфтами, что обеспечивает возможность противофазных колебаний соседних колосников. Рабочая поверхность колосников футеруется износостойкими резиновыми накладками. Щель между колосниками расширяется в направлении движения горной массы, что уменьшает вероятность застревания кусков. Расчетная производительность грохота 3000 т/ч при ширине рабочего органа 4,5 м. Волнообразные движения колосников разрыхляют горную массу и повышают эффективность процесса классификации. Широкое использование резины для футеровки колосников и в упругой подвеске и связанное с этим демпфирование в колебательной системе способствуют снижению в известной мере максимальных динамических нагрузок и обеспечивают их более рав-

номерное распределение по колосникам. В значительной мере подавляется также шум при работе грохота.

На опытном полигоне УкрНИИпроекта был испытан разработанный совместно с ИГД им. А. А. Скочинского питатель-грохот ВПГ-1 с волнообразными движениями грузонесущего органа. Рабочий орган выполнен из двух колосниковых решеток, входящих одна в другую и колеблющихся в противофазе. Колосниковая решетка представляет собой сварную жесткую рамную конструкцию Т-образного профиля с урезанной полкой. Размеры полок колосников и расстояния между ними выбираются из соображений предотвращения заклинивания кусков материала. Толщина слоя подсева была достаточной для предохранения конвейерной ленты от падающих крупных кусков груза. Для сообщения колебаний колосниковым решеткам со сдвигом по фазе используются два установленных по бокам и соединенных общим валом инерционных вибратора со смещенными дебалансами. На валах вибратора, вращающихся в подшипниках качения, установлены шестерни и по бокам от них — дебалансные диски. Корпус вибратора для удобства монтажа выполнен с продольным разъемом в плоскости, перпендикулярной к осям валов. Между дебалансными валами в корпусе вибратора закреплен также приводной вал таким образом, что его шестерня входит в зацепление с зубчатыми колесами, насаженными на дебалансных валах. Приводной вал через эти шестерни приводит во вращение в одну сторону дебалансные валы. Вибратор крепится к колосниковым решеткам грохота-питателя в резиновых втулках с помощью приливов, имеющих на его корпусе. Так как для привода установки используются два вибратора, располагаемые по бокам колосниковых решеток, то для обеспечения их синхронного вращения они соединены между собой карданным валом. Величина возмущающей силы и ее направление могут регулироваться поворотом дебалансов.

Колосниковые решетки соединены между собой резинометаллической упругой системой таким образом, что обеспечивается их взаимная подвижность. Упругий узел имеет три металлических элемента — боковые крепятся к сопряженным колосниковым решеткам, центральный опирается на раму. При полном уравнивании колеблющихся масс и равных сопротивлений на обеих колосниковых решетках опорный кронштейн не совершает колебаний. Однако вследствие того что колосниковые решетки неравномерно загружаются материалом, опорным кронштейнам могут передаваться некоторые колебания. Поэтому для снижения динамических нагрузок, передаваемых на опорную раму питателя-грохота, кронштейн устанавливается в цилиндрических резиновых виброизолирующих опорах.

В результате испытаний опытного образца питателя-грохота с волнообразными движениями рабочего органа и производительностью 1500 т/ч было установлено повышение в сравнении с вибрационным питателем-грохотом скорости транспортирования (на 10—15%) и допустимой толщины слоя материала на колоснико-

вой решетке, что увеличило производительность на 25—30%. Рост производительности обуславливается также тем, что интенсивное воздействие колосниковых решеток на материал, находящийся в бункере, улучшает его поступление на рабочий орган установки.

Українським проектом проведені випробування другої конструкції питателя з хвилюватими рухами грузонесущого органу [31]. Днище цього питателя состоит из двух комплектов перпендикулярних плит, частинно перекриваючих друг друга (рис. 49). Плиты

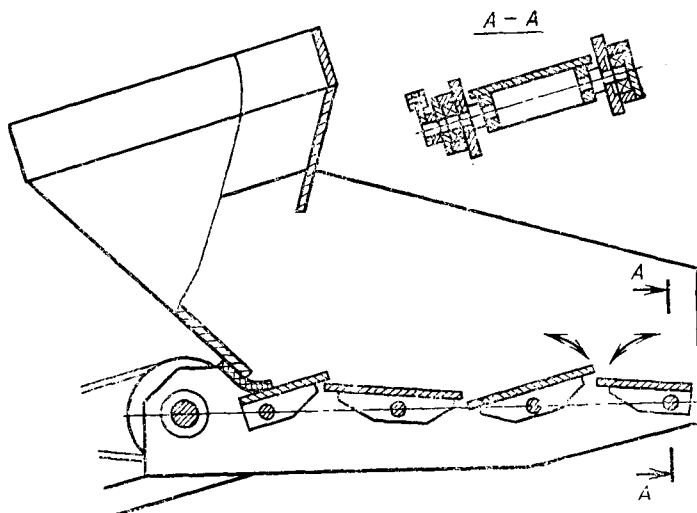


Рис. 49. Питатель с волнообразными движениями грузонесущего органа

закреплены на валах, расположенных поперек рабочего органа. Смежным валам с помощью эксцентрикового привода сообщаются крутильные колебания в противоположные стороны на угол 5—18°. При этом соседние плиты перемещаются в противофазе, и транспортирующая поверхность совершает волнообразные движения. Частота качаний плит составляет от 50 до 200 в минуту. Питатель может устанавливаться горизонтально или с наклоном до 20° вниз. Увеличение наклона питателя до 20° способствует повышению его производительности, при больших углах наклона нарушается процесс транспортирования. Перемещение материала по транспортирующей поверхности обуславливается рядом факторов: действием составляющей силы трения в направлении транспортирования от общего наклона установки, скатыванием с наклонной пластины и подталкивающим действием поворачивающихся пластин. Опытно-промышленный образец питателя проектировался на производительность до 2800 т/ч при ширине рабочего органа 1,6 м, что позволяет загружать конвейер с лентой шириной 2000 мм. В процессе испытаний питатель с волнообразными движениями рабочего органа удовлетворительно перегружал как мел-

кие, так и крупные фракции гранита. При наклоне питателя 15° , амплитуде 20° и частоте качаний пластин 180 мин^{-1} транспортирующая поверхность питателя перемещает груз сплошным непрерывным потоком без перекатывания отдельных кусков.

УкрНИИпроектном разработана еще одна конструкция питателя с волнообразными движениями транспортирующей поверхности. Питатель имеет рабочий орган, составленный из валов, расположенных поперек движения груза. На валах предусмотрены установленные с промежутками кулаки эллиптической формы, расположенные таким образом, что кулаки каждого вала входят во впадины соседнего. Кулаки соседних валов повернуты относительно друг друга так, что при вращении валов рабочий орган представляет подобие волновой поверхности. Такое движение поверхности рабочего органа создает интенсивное шевеление перемещаемого материала и сообщает ему достаточно высокую скорость транспортирования.

Наряду с транспортными устройствами, рабочий орган которых совершает волнообразные движения, находят применение машины с чисто волновыми движениями транспортирующей поверхности [32].

Принцип волнового транспортирования привлекает к себе внимание в силу ряда его преимуществ. При волновом транспортировании грузонесущий орган не совершает возвратно-поступательных перемещений как единое твердое тело, а лишь испытывает упругие деформации. Поэтому силы инерции движущихся масс уравниваются внутри установки, что исключает необходимость ее уравнивания и виброизоляции. Принципиальное устройство волновых установок открывает возможности создания, как мы уже видели, компактных и простых транспортных машин, область применения которых в горной промышленности может быть достаточно широкой.

Принцип волнового транспортирования представляет интерес по своей физической сущности, однако он недостаточно освещен в имеющейся литературе. Рассмотрим вкратце существо вопроса. Общим случаем волнового транспортирования является перемещение бегущими волнами. В этом режиме процесс транспортирования насыпных грузов формируется как поперечными, так и продольными волнами на транспортирующей поверхности. Поперечные бегущие волны обуславливают характер взаимодействия транспортирующей поверхности со слоем груза, а продольные бегущие волны определяют скорость его транспортирования. Особенностью бегущих волн является то, что как поперечные, так и продольные волны распространяются вдоль транспортирующей поверхности с определенной скоростью. Для каждого сечения грузонесущего органа смещения транспортирующей поверхности в поперечном и продольном направлениях представляют собой гармонические функции времени, которые в общем случае могут быть сдвинуты относительно друг друга на некоторый угол. Для фиксированного времени смещения они представляют собой взаимно перпендику-

лярные сдвинутые в пространстве синусоиды. При этом конфигурация транспортирующей поверхности формируется в результате сложения этих синусоид. Параметры бегущих волн относительно транспортируемого груза зависят и от времени, и от положения данного сечения груза в пространстве. Другими словами, конфигурация транспортирующей поверхности по отношению к перемещаемому грузу зависит от скорости его перемещения. Точно так же частота колебаний транспортирующей поверхности по отношению к грузу тоже определяется скоростью и направлением его движения.

В силу изложенных особенностей закономерности волнового транспортирования значительно более многообразны, чем режимы вибрационного транспортирования. Процесс волнового транспортирования формируется как под действием продольно-поперечных колебаний каждой точки транспортирующей поверхности, так и скатывания груза с гребня набегающей волны.

К волновым установкам относятся устройства типа виброленты ВЛЖ-1М, применяемые для выпуска руды из выработок и бункеров. Грузонесущий орган такой установки выполняется из одного или нескольких сложенных в пачку наподобие рессоры стальных листов, одному из концов которого, обычно более тонкому, сообщаются колебания с помощью дебалансного вибратора. Второй конец грузонесущего органа с помощью троса закрепляется с наклоном в сторону выпуска. Под действием колебаний свободного конца в гибком грузонесущем органе возбуждаются стоячие волны, которые под навалом обрушенной руды постепенно затухают у завального конца. Действие этих волн аналогично действию колебаний грузонесущего органа вибрационной установки — происходит уменьшение трения материала о транспортирующую поверхность, и руда самотеком поступает из выпускной выработки. Для реализации волновых колебаний грузонесущий орган транспортирующей машины должен быть деформируемым. В качестве материала для изготовления рабочих органов волновых транспортирующих машин особые возможности представляет резина. Намечались два направления создания грузонесущих органов волновых транспортирующих машин — со специальными механическими устройствами, формирующими волновые движения на резиновом рабочем органе, и с реактивным возбуждением упругих колебаний.

К установкам первого типа относятся грохоты-питатели с упруго деформируемой рабочей поверхностью типа ГЭДП. Установка представляет собой двухмассную колебательную систему, состоящую из рамы грузонесущего органа и расположенной ниже и соединенной с ней шатунами реактивной массы, на которой установлен вибратор типа дебаланс. Концы упругодеформируемой транспортирующей поверхности жестко закреплены в раме грузонесущего органа. Средняя свободно провисающая часть транспортирующей поверхности опирается и крепится на поперечные балки, имеющиеся как в раме грузонесущего органа, так и на реактивной массе. Балки грузонесущего органа и реактивной массы попере-

менно чередуются. Установка работает следующим образом. Под воздействием возбуждающей силы вибратора реактивная масса и грузонесущий орган совершают противофазные колебания. При этом упругодеформируемая транспортирующая поверхность, находящаяся между поперечными балками грузонесущего органа и реактивной массы, подвергается динамическим упругим деформациям, и транспортирующая поверхность приобретает волнообразный характер.

В установках второго типа применяются упругодеформируемые резонирующие транспортирующие поверхности. В такого рода установках упругодеформируемая транспортирующая поверхность закрепляется в жесткой раме грузонесущего органа. Раме сообщаются колебания с частотами, близкими к собственным частотам колебаний упругодеформируемой транспортирующей поверхности. При этом на ней возбуждаются волновые колебания, амплитуда которых в несколько раз превышает амплитуду колебаний жесткой рамы грузонесущего органа.

20. ВИБРАЦИОННЫЕ ПОДЪЕМНИКИ

Можно выделить два основных типа виброподъемников — для перемещения сухих насыпных материалов и подъема гидросмесей или жидкостей. В первом случае речь идет главным образом о вибрационных конвейерах с винтовым грузонесущим органом. Существуют и разработки вибрационных подъемников с трубчатыми прямолинейными рабочими органами, однако они пока не имеют промышленного применения. Для подъема гидросмесей и жидкостей применяют виброподъемники (вибронасосы) с трубчатыми прямолинейными рабочими органами, оборудованными клапанами.

Вибрационный подъем по винтовому грузонесущему органу тождествен процессу вибрационного транспортирования по наклонному грузонесущему органу, однако он достигается за счет вертикальных прямолинейных и крутильных колебаний относительно центральной оси грузонесущего органа. При этом колебания каждого поперечного сечения грузонесущего органа на виброподъемнике небольшой ширины с определенными допущениями соответствуют колебаниям грузонесущего органа обычного вибрационного конвейера. Однако в действительности дело обстоит несколько сложнее. Вследствие того что винтовой грузонесущий орган виброподъемника совершает вертикальные прямолинейные колебания вдоль своей центральной оси и крутильные колебания вокруг нее, траектории движения транспортирующих поверхностей весьма близки к винтовым или эллипсоподобным. Особенность режима колебаний винтового грузонесущего органа — переменная амплитуда колебаний участков грузонесущего органа, находящихся на разном удалении от центральной оси. Поэтому конфигурация и размеры эллиптической траектории, а также ее рас-

положение зависят не только от угла сдвига фаз между составляющими, как в вибрационных конвейерах с прямолинейным грузонесущим органом, но и от расстояния рассматриваемой точки от центральной оси. При удалении от центральной оси происходит не только увеличение, но и изменение формы траектории.

Вибрационный подъем насыпных грузов по прямолинейному рабочему органу при тех же физических основах процесса, что и вибротранспортирование по горизонтальному грузонесущему органу, отличается лишь особенностями воздействия веса и режимом работы. В одной из модификаций виброподъемников грузоподъемный орган состоит из двух продольных частей, совершающих эллиптические колебания, обтекающие траектории в противоположные стороны. Вверх обе половины грузонесущего органа идут в момент их сближения, как бы подхватывая поднимаемый груз. При этом сыпание груза предотвращается вследствие его сжатия, ведущего к возрастанию внутренних (между частицами груза) и внешних (между массой груза и стенками грузоподъемного органа) сил трения.

В установках со сплошным прямолинейным грузоподъемным органом последний совершает колебания, перемещаясь по траектории в виде опрокинутой восьмерки, причем на закруглениях он всегда движется вверх. Такая траектория колебаний грузоподъемного органа формируется в результате сложения двух его прямолинейных колебаний вдоль оси и поперек с частотами, отличающимися в 2 раза, и с некоторым сдвигом фаз. Здесь, как и при обычном процессе вибротранспортирования, поперечные колебания создают переменные силы взаимодействия со стенками грузоподъемного органа, а продольные осуществляют его подъем. Особенность работы такого виброподъемника заключается в том, что груз, находящийся в грузоподъемном органе, совершает сложные перемещения, дважды за один цикл поперечных колебаний входя в контакт со стенками. Поэтому для обеспечения соответствия между поперечными взаимодействиями груза с транспортирующей поверхностью и действующими в направлении транспортирования силовыми воздействиями принимается удвоенная частота колебаний грузоподъемного органа. Сдвиг фаз между составляющими колебаний грузоподъемного органа выбирается таким образом, чтобы в те моменты, когда груз прижат к стенке, грузоподъемный орган перемещался вверх. Обратный ход грузоподъемного органа происходит в моменты свободного движения груза между стенками. Наличие зазора между столбом груза и стенками грузоподъемного органа является необходимым условием для обеспечения свободного движения груза, зазор образуется вследствие уплотнения груза при соударениях с транспортирующей поверхностью. Образованию такого зазора препятствует подпор вышележащих слоев груза, поэтому при достижении определенной высоты подъема образование зазора прекращается. Можно полагать, что это является одной из причин, ограничивающих высоту подъема груза в таких виброподъемниках. При наличии зазора

груз, заполняющий грузоподъемный орган, поднимается вверх, а освободившееся в загрузочной части место заполняют новые порции.

Отличие рассмотренного способа перемещения от применяющегося в горизонтальных вибрационных конвейерах обуславливается различной ориентацией поля веса груза по отношению к рабочему органу. Если в вибрационных конвейерах груз под действием веса прижимается к транспортирующей поверхности и вибрационное поле лишь регулирует степень этого прижатия, то в вибрационных подъемниках периодическое прижатие груза к транспортирующей поверхности достигается только под действием вибрационного поля, так как поле веса груза направлено вдоль грузоподъемного органа.

В установках с грузоподъемным органом, устроенным по типу сообщающихся сосудов (т. е. когда в нижней части его имеется небольшой загрузочный бункер), колебания происходят в вертикальном направлении и подъем груза осуществляется за счет подпора материала, находящегося в загрузочной емкости. Следует отметить, что в установках двух последних типов возможен подъем насыпных грузов только на небольшую высоту.

В виброподъемниках для жидкостей и гидросмесей грузоподъемному органу сообщаются колебания вдоль его оси; для обеспечения направленного в одну сторону движения поднимаемой среды устанавливается клапан, который допускает движение среды в направлении подъема и предотвращает ее вытекание из грузонесущего органа. Движение среды с учетом релейного действия клапана достигается за счет переменных сил инерции и сил вязкого трения о стенки грузоподъемного органа.

Перемещение грузов вертикально вверх, которое может осуществляться с одновременной их технологической обработкой, производится вибрационными транспортно-технологическими машинами с винтовым рабочим органом — виброподъемниками. Вибрационные конвейеры с винтовым рабочим органом по назначению подразделяются на три основных типа: виброподъемники, используемые для перемещения грузов в вертикальном направлении; транспортно-технологические устройства, в которых перемещаемый продукт подвергается технологической обработке, и питающие, накапливающие и дозирующие установки (вибробункера, вибропитатели, вибродозаторы).

Структурные схемы виброподъемников приведены на рис. 50. Обычно двухмассные виброподъемники с электромагнитным приводом (рис. 50,а) настраиваются на резонансный или околорезонансный режим работы. Виброподъемник состоит из рабочего органа 1, установленного с помощью упругой системы 2 на опоре. Колебания рабочему органу в вертикальном направлении сообщает электромагнитный вибратор, активная часть 3 которого жестко крепится к рабочему органу, а реактивная часть 5 свободно подвешена на упругой системе 4. Вертикальные колебания вибратора преобразуются в крутильно-поступательные колебания рабо-

чего органа вследствие направления экстремальной жесткости упругой системы под углом к вертикальной оси виброподъемника.

В некоторых конструкциях виброподъемников реактивная масса электромагнитного вибратора жестко устанавливается на

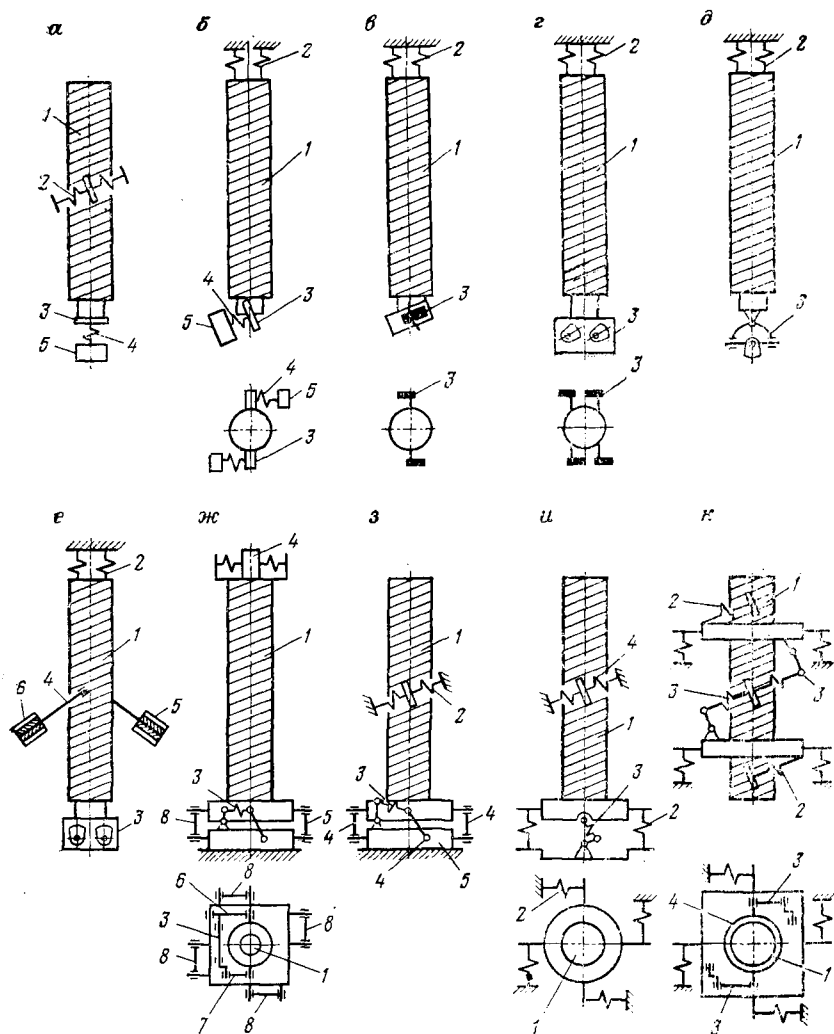


Рис. 50. Конструктивные типы виброподъемников с винтовым грузоподъемным органом

фундаменте машины, при этом машина имеет одну подвижную массу — грузонесущий орган. На этом же фундаменте крепится упругая система, выполняемая обычно в виде рессор, расположенных вокруг рабочего органа под углом к его продольной оси.

Виброподъемник, электромагнитные вибраторы которого сообщают рабочему органу колебания под углом к его продольной оси, состоит из рабочего органа 1 (рис. 50,б), подвешенного на амортизирующей упругой системе 2 к несущим конструкциям. Для обеспечения симметричности возмущающей силы на рабочем органе устанавливаются два или три вибратора, активные части 3 которых крепятся жестко к рабочему органу, а реактивные 5 соединяются с ними через упругие элементы 4.

Резонансные виброподъемники с электромагнитным приводом обычно выполняются небольших размеров и ограниченной мощности; в этом случае упругие колебания рабочего органа незначительны и не представляют опасности для его надежности. Следует иметь в виду, что в виброподъемниках с электромагнитным приводом упругие колебания особенно велики, так как собственные частоты колебания конструкции близки к вынужденным.

Более широкое применение в тяжелых установках имеет инерционный привод различного принципиального устройства. Виброподъемник с приводом от мотор-вибраторов (рис. 50,в) представляет собой рабочий орган 1, подвешенный на амортизирующих упругих связях 2, которому с помощью мотор-вибраторов 3 (обычно их устанавливают два или три для создания симметричной возмущающей силы и возмущающего момента) сообщаются поступательные колебания вдоль вертикальной оси и крутильные вокруг нее.

Виброподъемник со специальным вибратором, четырех- или шестидебалансным (рис. 50,г), создающим возмущающую силу, направленную вдоль оси рабочего органа, и возмущающий момент вокруг этой оси состоит из рабочего органа 1, подвешенного к несущим конструкциям с помощью амортизирующих упругих связей 2. Корпус инерционного мотор-вибратора 3 жестко крепится в нижней части грузонесущего органа. Возмущающая сила и возмущающий момент, необходимые для приведения в действие виброподъемника, могут быть созданы двухшарнирным маятниковым вибратором.

Виброподъемник с двухшарнирным маятниковым вибратором (рис. 50,д) состоит из рабочего органа 1, амортизационных упругих связей 2, маятникового вибратора 3. Вибрационные подъемники с протяженным рабочим органом могут быть выполнены с резонаторами, которые снижают напряжения в элементах конструкции из-за более равномерного распределения возмущающих усилий.

Виброподъемник с инерционным приводом и резонаторами (рис. 50,е) состоит из рабочего органа 1, который подвешен или опирается на амортизирующую упругую связь 2; в нижнем конце к рабочему органу крепится инерционный вибратор 3, генерирующий прямолинейную возмущающую силу, действующую по вертикальной оси виброподъемника. Вдоль рабочего органа с определенным шагом установлены резонаторы, состоящие из наклоненных к оси рабочего органа рессор 4, подвижных масс 5, соединенных

с рессорами упругими связями 6. Продольные колебания рабочего органа возбуждают колебания масс резонаторов вдоль оси рессор 4. Реактивные усилия деформации упругих связей 6 передаются через рессоры 4 рабочему органу. Горизонтальные составляющие этих усилий создают возмущающие моменты вокруг оси грузонесущего органа. Колебательная система виброподъемника настраивается на резонансный режим, при этом движение реактивных масс резонаторов и грузонесущего органа происходит в противофазе. Резонансный режим работы позволяет создавать виброподъемники со значительной длиной рабочего органа. Это объясняется тем, что опасные упругие крутильные колебания рабочего органа снижаются при равномерном распределении возмущающих крутящих моментов по высоте установки. При этом рационально используется достаточно высокая продольная жесткость рабочего органа в качестве силового элемента для передачи продольных колебаний с последующим их преобразованием в крутильные.

Находят применение и виброподъемники с эксцентриковым приводом. Применение эксцентрикового привода позволяет создать большие амплитуды колебаний рабочего органа и снизить частоту возмущения, что увеличивает отстройку от собственных частот элементов конструкции. Меньшие действующие ускорения позволяют приводить в колебания эксцентриковым приводом установки большей массы.

Виброподъемник с эксцентриковым приводом (рис. 50,ж) состоит из центральной неподвижной колонны 4, установленной на станине 5, на которой смонтирован двухшатунный эксцентриковый привод 3 с шатунами 6 и 7, крепящимися по бокам рабочего органа 1. Шатуны закреплены на валу, эксцентрики которого смещены относительно друг друга на 180° . Грузонесущий орган с помощью упругой системы 2 крепится к центральной колонне и с помощью наклонных шатунов 8, задающих направление колебаний, к станине. Шатуны привода могут быть установлены в направлении колебаний рабочего органа или горизонтально.

На рис. 50,з приведена другая модификация виброподъемника с эксцентриковым приводом. Такой виброподъемник состоит из грузонесущего органа 1, рабочих упругих связей 2, установленных под углом к оси виброподъемника, эксцентрикового привода 3 и шатунов 4, расположенных перпендикулярно к оси упругих связей на станине 5.

На рис. 50,и приведена схема виброподъемника, эксцентриковый привод 3 которого сообщает рабочему органу 1, установленному на станине с помощью направленной упругой системы 2, вертикальные колебания. Необходимые поступательные и угловые колебания рабочего органа создаются за счет применения упругой системы, экстремальная жесткость которой направлена под углом к продольной оси рабочего органа.

Рассмотренные виброподъемники с инерционным приводом имеют жесткую упругую систему и эксцентриковый привод, кото-

рые в сумме передают полную инерционную нагрузку на фундамент. Для предотвращения передачи динамических нагрузок на несущие конструкции разработаны двухмассные схемы резонансных виброподъемников с эксцентриковым приводом.

Двухмассный виброподъемник с эксцентриковым приводом (рис. 50,к) состоит из рабочего органа 1 и уравнивающей рамы 4, на которой смонтированы эксцентриковые приводы 3. Рабочий орган и рама соединены между собой упругой системой 2, обеспечивающей направленные колебания рабочего органа. Уравнивающая рама и рабочий орган устанавливаются на фундамент с помощью амортизирующих упругих связей.

В целях снижения уровня передачи динамических нагрузок на несущие конструкции применяются виброподъемники со спаренными последовательно или параллельно грузонесущими органами. В первой конструкции грузонесущие органы располагаются на одной оси один над другим. С помощью рабочей упругой системы грузонесущие органы устанавливаются на раме, которая, в свою очередь, на амортизационных упругих связях монтируется на несущих конструкциях. Колебания рабочим органам сообщаются в противофазе, вследствие чего реакции рабочих упругих связей уравниваются на раме. Во второй конструкции грузонесущие органы устанавливаются с помощью рабочих упругих связей на раме параллельно. Крутильные колебания сообщаются им в противофазе, что также способствует частичному уравниванию реакций упругих связей.

В вибрационных подъемниках грузонесущий орган крепится обычно на центральной опорной колонне, которая, в свою очередь, при помощи пружин или каких-либо других упругих элементов устанавливается или подвешивается к опорным конструкциям. Центральной колонне с закрепленным на ней грузонесущим органом сообщается сложное колебательное движение, состоящее из крутильных колебаний вокруг оси колонны и колебаний, направленных по ее оси. Вибраторы крепятся к центральной колонне таким образом, что колебания ее происходят в плоскости, направленной под углом (обычно около 20°) к направлению транспортирования груза.

Принцип перемещения груза в вибрационных подъемниках с винтовым грузонесущим органом аналогичен принципу транспортирования материала с подъемом обычным желобом прямолинейного наклонного вибрационного конвейера. При этом угол подъема соответствует углу навивки винтовой линии желоба. При выборе угла навивки желоба конвейера необходимо учитывать, что с его возрастанием, как отмечалось, падает производительность конвейера, а с его уменьшением возрастает длина желоба для той же высоты подъема, а следовательно, и его масса.

Возрастание длины желоба вызывает, в свою очередь, увеличение массы конструкций и затрат энергии на транспортирование. Поэтому, если электровибрационный конвейер предназначается только для транспортных целей (в данном случае подъема), угол

наклона спирали выбирают с учетом выполнения двух основных требований — достижения возможно большей скорости материала в вертикальном направлении и возможно малых длины и массы желоба. Если виброподъемник используется для технологических целей — классификации, сушки, химической обработки или при теплообменных процессах, то угол подъема устанавливается в зависимости от требуемой продолжительности пребывания материала на конвейере.

В качестве привода вибрационных подъемников с винтовым грузонесущим органом наряду с другими типами находят применение эксцентриковые вибраторы. Вибрационный подъемник с эксцентриковым приводом состоит из несущей трубы, которая в верхней части установлена на раме при помощи четырех резиновых упругих элементов, работающих на сдвиг. Грузонесущий орган навит на несущую трубу. Эксцентриковый привод расположен в верхней части конвейера и состоит из приводного вала с установленными на нем эксцентриками, сдвинутыми друг относительно друга на угол 180° . На эксцентрики насажены шатуны, свободные концы которых при помощи резиновых шарниров крепятся к кронштейнам упругих элементов, жестко закрепленным на несущей трубе. Вследствие смещения эксцентриков шатуны сообщают трубе крутильные колебания вокруг ее центра. При этом в результате установки упругих элементов под углом к оси трубы возбуждаются также ее вертикальные колебания.

Максимальная строительная высота вибрационных винтовых конвейеров достигает 12 м и зависит от колеблющихся масс, а также мощности и параметров вибраторов. При необходимости транспортировать на большую высоту соединяют последовательно несколько секций. Винтовые вибрационные конвейеры выпускаются не только желобчатыми, но и трубчатыми. Последние применяются для транспортирования пылящих, газифицирующих, ядовитых и других подобных им материалов. Желоб или труба могут располагаться не только по одной, но и по двум винтовым ниткам. При этом обеспечивается раздельная транспортировка различных материалов.

Из-за конструктивной простоты, компактности, высокой надежности в эксплуатации и большой долговечности винтовые вибрационные подъемники в отдельных случаях заменяют цепные элеваторы и другие виды непрерывного вертикального транспорта. При некоторых технологических процессах имеет значение возможность на очень ограниченном пространстве получать значительные длины транспортирования. Возможно одновременное транспортирование материала и в разных направлениях: в желобе с правой навивкой вверх и с левой — вниз. При теплообменных процессах можно использовать концентрические трубы, вставленные одна в другую, так что по внутренней трубе перемещается транспортируемый материал, а по внешней — охлаждающая или обогревающая среда.

Производительность вибрационных подъемников с винтовым

грузонесущим органом, зависящая от свойств транспортируемого материала и размеров транспортирующего органа (трубы, желоба), достигает в наиболее крупных установках 30 т/ч. Потребная мощность в зависимости от колеблющихся масс составляет от 0,05 до 10 кВт.

а

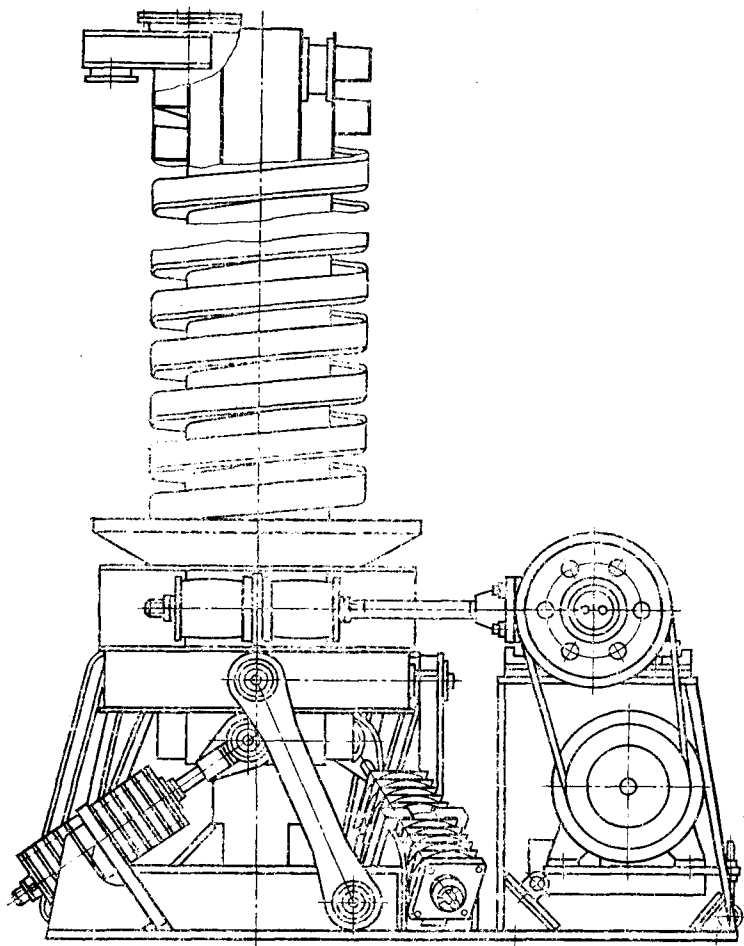
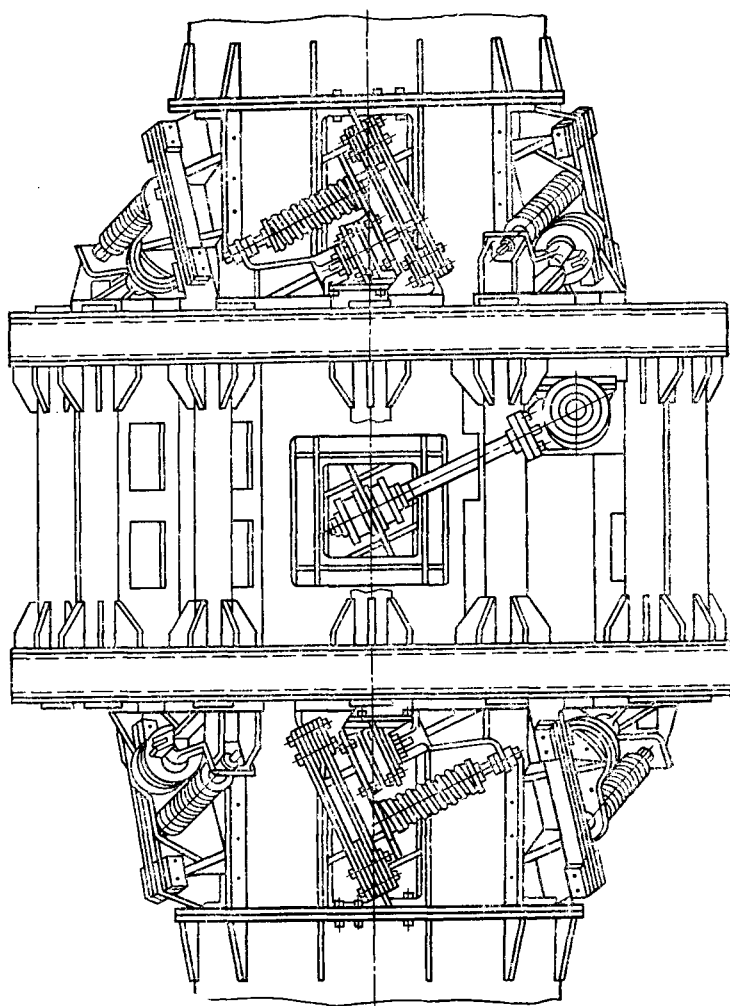


Рис. 51. Виброподъемник с винтовым рабочим органом

Предприятие «ТАКРАФ» (ГДР) выпускает вибрационные подъемники с винтовым грузонесущим органом на производительность 5, 15 и 20 м³/ч при высоте подъема 8—10 м, при диаметре винтового рабочего органа 520, 800 и 1100 мм и ширине лотка 100, 200 и 300 мм. В качестве привода используются двухвальные инер-

ционные вибраторы со смещенными дебалансами, располагаемые в нижней части грузоподъемного органа. Виброподъемник опирается на мягкие винтовые пружины, верхняя его часть свободно.

б



помещается во втулке опорной колонны, установленной рядом с грузонесущим органом.

Фирма «Венанцетти вибrazione» (Италия) выпускает вибрационные подъемники с винтовым рабочим органом, оборудованные эксцентриковым приводом, на производительность от 8 до 30 т/ч

при высоте подъема 8—12 м. Виброподъемник состоит из грузонесущего органа, нижняя рама которого опирается на установленные под углом шатуны с резиновыми шарнирами (рис. 51, а). Перпендикулярно к стойкам установлены резиновые упругие связи, работающие в режиме растяжения-сжатия и опирающиеся на раму виброподъемника. Внутри несущей колонны пропущена неподвижная центральная опора, закрепленная на раме установки. К центральной опоре несущая колонна крепится резиновыми упругими элементами. Привод виброподъемника осуществляется эксцентриковым вибратором с противофазно движущимися шатунами, расположенными перпендикулярно к оси грузоподъемного органа и соединенного с ним резиновыми упругими элементами, работающими в режиме «растяжение-сжатие». Эксцентриковый вал приводится во вращение электродвигателем через клиноременную передачу. Из-за наличия жесткой упругой системы установка передает значительные нагрузки на несущие конструкции и требует монтажа на фундаменте.

Для снижения передачи динамических нагрузок ВНИИПТмаш разработал виброподъемники с двумя противофазно колеблющимися массами — уравнивающей рамой и грузонесущим органом (рис. 51, б). Упругая подвеска грузоподъемного органа состоит из пластинчатых рессор, винтовых пружин и резиновых буферов, которые устанавливаются на уравнивающей раме. Противофазные колебания уравнивающей рамы и грузоподъемного органа возбуждаются эксцентриковым вибратором, вал которого расположен на уравнивающей раме, а шатуны закреплены через резиновые упругие элементы при наличии сдвига фаз в 180° с грузоподъемным органом. Грузоподъемный орган одновременно опирается и подвешивается к несущим конструкциям на амортизаторах, а уравнивающая рама имеет только опорные амортизаторы.

В настоящее время выпускается разработанный ВНИИПТмаш вибрационный подъемник ВВК-200. Он состоит из винтового желобчатого грузоподъемного органа, который установлен на платформе, соединяющейся упругой системой из резиновых элементов, предварительно зажатых металлической арматурой, с рамой установки. Четыре упругих элемента расположены по периметру грузоподъемного органа под углом 45° к его центральной оси. Колебания грузоподъемному органу сообщаются эксцентриковым вибратором, шатун которого направлен по центральной оси установки. Шатун с подвижной платформой соединяется резиновой мембраной. Грузоподъемный орган может быть закрыт стационарным или сменным кожухом. Виброподъемник имеет производительность $10 \text{ м}^3/\text{ч}$, ширину желоба 200 мм, наружный диаметр грузоподъемного органа 800 мм, шаг витка 230 мм. Амплитуда колебаний составляет 7 и 8,5 мм, частота колебаний 800 и 700 мин^{-1} . Мощность электродвигателя при максимальной высоте грузоподъемного органа 2 и 4,0 кВт. Грузоподъемный орган сменный, рассчитан на высоту подъема 1635, 3935, 6235 и 8535 мм.

21. УСТАНОВКИ ДЛЯ ВЫПУСКА И ДОСТАВКИ РУДЫ

Для выпуска и доставки руды находят применение различные виброустановки более 50 различных конструктивных исполнений. Виброустановки для выпуска руды по принципиальному устройству бывают двух основных типов — с активным перемещением обрушенной руды и побуждающего типа. Установки первого типа аналогичны рассмотренным выше вибропитателям для выгрузки материалов из бункеров, которые обеспечивают транспортирование груза при горизонтальном расположении грузонесущего органа. К ним относятся установки НИИКМА — вибропитатель ВВДР-5, ИГД им. А. А. Скочинского — ВВР, УВР, ИГД СО АН СССР — ВДР, «Ермак», ИГГМ АН УССР — ВПР и многие др.

Установки второго типа лишь разрыхляют руду и снижают внутреннее трение в массиве и трение о транспортирующую поверхность; для обеспечения перемещения руды установки располагаются с наклоном в сторону выпускной выработки.

По технологическому назначению виброустановки для выпуска руды разделяются на три группы: вибропитатели, предназначенные для выпуска руды из блоков при разработке месторождений средней мощности и мощных; вибролюки, служащие для выпуска руды из рудоспусков и из блоков при разработке месторождений малой мощности (не свыше 3 м); вибропобудители, виброплощадки и виброшуровщики, используемые для улучшения истечения руды из дучек на доставочную выработку.

Из перечисленных типов виброустановок наиболее полно соответствуют требованиям технологии вибровыпуска руды только вибропитатели. Они активно побуждают горную массу к истечению и обеспечивают ее транспортировку при горизонтальном расположении грузонесущего органа; нет необходимости в оборудовании дополнительного затвора, так как эти функции выполняет рабочий орган; параметры грузонесущего органа в отношении прочности и размеров создают возможность додрабливания негабарита. Вибролюки имеют ограниченную область применения по крупности выпускаемой горной массы (размер среднего куска не должен превышать 200—250 мм). Вибропобудители требуют по сравнению с вибропитателями более точной привязки к выпускному отверстию и подкрепления лобовины. Многие виды вибропобудителей оборудуются вспомогательными механическими затворами. Возможность додрабливания негабарита на коротком рабочем органе вибропобудителя практически исключается. Виброшуровщики служат только для ликвидации зависаний горной массы в люковых устройствах обычного типа.

Таким образом, наиболее совершенными виброустановками для выпуска руды следует признать вибропитатели [34]. Капитальные затраты на их монтаж часто не намного превышают эти статьи расхода при применении достаточно мощных вибролюков. При этом применение вибропитателей или виброплощадок вместо вибролюков даже при достаточно мелкой руде часто оказывается

предпочтительнее. Например, при выпуске отгрохоченной руды из рудоспусков попадают отколовшиеся от стенок рудоспуска негабариты, лесоматериалы, обрывки троса или шлангов. В результате выпуск руды с помощью люков сопровождается стойкими за-
висаниями, при ликвидации которых с помощью фугасов люки быстро приходят в негодность.

Особенно желательно применение вибропитателей при выпуске обводненной горной массы, склонной к неожиданным выбросам. В таких особо трудных условиях достаточно длинный и пологий лоток вибропитателя создаст при выбросе дополнительное сопротивление. Указанные особенности рассмотренных устройств в основном обуславливаются закономерностями формирования на них потоков горной массы. В общем случае можно выделить три специальные области, отличающиеся характерными состояниями горной массы: расположенную перед лобовиной выпускного отверстия, образованную откосом горной массы за лобовиной по ходу потока и сформировавшегося потока движущейся горной массы. Перед лобовиной в блоке при работе виброустановки горная масса остается практически неподвижной. В откосе нижняя часть массива также по существу неподвижна и только по поверхности откоса, в условиях снижения сил трения от распространяющихся в массиве вибрационных импульсов, перемещается слой горной массы. Параметры потока горной массы (скорость движения, высота слоя) определяются режимом колебаний, устройством рабочего органа виброустановки и количеством поступающего с откоса материала.

Опыт показал, что в каждом конкретном случае существует оптимальная величина заглубления рабочего органа виброустановки в массив. Для большинства устройств, не всегда квалифицированно спроектированных, эта величина незначительна. С увеличением заглубления обычно растут энергозатраты, падает и неравномерно распределяется по длине грузонесущего органа амплитуда колебаний, возникает так называемое галопирование колеблющихся частей, сопровождающееся затуханием колебаний на завальном конце установки. В значительной степени затухание колебаний рабочего органа со стороны выработанного пространства и является причиной ничтожной активизации горной массы в массиве. Изложенные обстоятельства породили тенденцию создания вибрационных питателей с укороченными рабочими органами — малогабаритных. Малогабаритный вибропитатель ВП-4/1,4 выполнен по одномассной неуравновешенной схеме, позволяющей максимально упростить конструкцию. Грузонесущий орган представляет собой жесткую сварную металлоконструкцию, которая посредством девяти пар резиновых блоков размерами $200 \times 100 \times 50$ мм установлена на опорной раме. Резиновые блоки расположены неравномерно по длине грузонесущего органа в соответствии с нагрузкой. Фиксирование и предварительное сжатие блоков осуществлено с помощью прижимной пластины. Опорная рама выполнена из двутавровой балки, к задней стенке которой прикреп-

лен неподвижный борт, исключаящий просыпь рудной мелочи под питатель. Вдоль питателя на раме закреплены с помощью эксцентриков и захватов подвижные щиты, позволяющие снизить боковое трение о спрессованную рудную массу при извлечении вибропитателя из-под навала руды после отработки блока. В качестве вибропривода использован двухвальный дебалансный вибровозбудитель, прикрепленный жестко к грузонесущему органу посредством клинового соединения. Для снижения сопротивления при вращении дебалансов в масляной ванне они вынесены из корпуса и установлены на выходных валах вибровозбудителя. Вращение к вибровозбудителю передается с помощью клиноременной передачи. Для извлечения вибропитателя в передней части рамы установлены два гидроцилиндра, для привода которых используется переносная маслостанция. На разгрузочном конце вибропитателя с помощью быстросъемного клинового крепления установлены бортовины, формирующие поток руды на выпуске. При стационарной установке вибропитателя ВП-4/1,4 его опорная рама должна быть прикреплена к почве выработки с помощью четырех — шести анкеров.

К полноразмерным относятся вибропитатели УВР-2, УВР-2М и УВР-3. Питатели имеют расширяющийся к разгрузочному концу рабочий орган, что смещает вперед центр приложения равнодействующей сил от нагрузки. В первой модели использован двухдебалансный вибратор, создающий направленную возмущающую силу и момент. Приложение к рабочему органу дополнительно возмущающего момента имеет целью компенсировать нежелательные явления, связанные с его галопированием. Во второй модели виброустановки использован трехдебалансный вибратор, существенно расширяющий ее режимные возможности. Вибратор состоит из трех дебалансных валов — среднего и двух крайних; кинетический момент среднего вала равен суммарному кинетическому моменту крайних валов в случае использования вибратора для возбуждения направленной по одной прямой возмущающей силы. Для создания эллиптических колебаний используются дебалансные валы с неравными кинетическими моментами. Подшипники эксцентриковых валов устанавливаются в несущих боковинах корпуса. Каждый дебалансный вал заключен в трубчатый кожух. Для придания конструкции жесткости и снижения шума кожухи соединены поперечными ребрами. Между собой дебалансные валы связаны зубчатыми колесами равного диаметра, которые защищены кожухом. К машине вибратор крепится поперечными кронштейнами, приваренными к несущим боковинам корпуса.

Вибролюк представляет собой вибропитатель, грузонесущий орган которого выполнен в виде двух параллельно расположенных лотков, каждый из которых оборудован вибратором и установлен на резиновых амортизаторах. Вибраторы связаны между собой и с электродвигателем валами с эластичными муфтами. Электродвигатель расположен в стороне от рудоспуска и защищен от попадания воды, что улучшает условия его эксплуатации,

облегчает к нему доступ. Для предотвращения выпадений отдельных кусков руды служит дополнительный затвор, приводом которого является электрический толкатель ПТВ-4Б9.

Большая ширина грузонесущего органа позволяет производить загрузку большегрузных вагонеток с одной установки, что сокращает время погрузки одной вагонетки на 5—10 с и упрощает маневрирование состава. Увеличенные размеры выпускного окна (2×1 м) улучшают истечение руды, число зависаний снижается. Давление на затвор практически отсутствует, все давление столба руды передается на грузонесущий орган, который рассчитан на восприятие больших нагрузок.

Конструктивно установки второго типа оформляются в виде массивной платформы, которая устанавливается на резиновых подкладках — наклонно под выпускной выработкой или непосредственно на почве. Колебания платформы сообщаются перпендикулярно к транспортирующей поверхности обычно с помощью инерционного вибратора. Для предотвращения сползания платформа закрепляется под выработкой с помощью каната, зафиксированного анкерной крепью. Производительность установок второго типа ниже установок активного действия, однако в силу их чрезвычайной простоты они находят применение на рудниках ограниченной производительности. Наиболее характерными представителями этой группы машин являются установки типа ВДПУ системы ИГД СО АН СССР. Эффект их применения основан на снижении углов самотечного движения руды под действием вибрации. Конструктивно виброплощадка представляет собой металлическую плиту с инерционным вибратором, устанавливаемую под углом 22—17°. Применение виброплощадок позволяет в 2,5—4 раза повысить производительность труда по сравнению с гравитационным выпуском.

Компактная установка УВП-1 уравновешенного типа с эксцентриковым приводом и ограждающими устройствами разработана ИГД им. А. А. Скочинского.

Установка выполнена секционной и может использоваться не только для выпуска, но и для доставки руды. Полный комплект состоит из четырех линейных и одной приводной секции. Приводная секция установки состоит из опорной рамы сварной конструкции, на которой с помощью рычагов с резиновыми шарнирами, работающими на сдвиг, устанавливается колебательная система установки, состоящая из грузонесущего органа и уравнивающей рамы. Средняя ось каждого опорного рычага крепится на раме двумя резиновыми упругими элементами, работающими на сдвиг, в которых соединение резиновых элементов с металлической арматурой достигается за счет предварительного их затяга. Упругая подвеска допускает качания опорных рычагов и служит для амортизации динамических усилий, действующих на грузонесущий орган при выгрузке руды. К нижним плечам рычагов через резиновые шарниры крепится уравнивающая масса. Эксцентриковый привод располагается внутри установки под грузонесущим органом. Он имеет эксцентриковый вал, вращающийся в подшипниках

качения, установленных на раме установки. Привод эксцентрикового вала осуществляется электродвигателем через конический редуктор, который создает возможность расположения электродвигателя в центре установки вдоль ее продольной оси. С каждой стороны редуктора на валу устанавливаются эксцентриковые втулки с двумя смещенными на 180° эксцентриками. Установленные на них шатуны попарно соединяют грузонесущий орган и уравнивающую раму с эксцентриковым валом. Для предотвращения заштыбовки виброустановки обрушенной рудой она закрывается с боков защитными кожухами. Линейные секции имеют такое же устройство, но лишены привода. Каждая секция установки полностью уравновешена. Секции соединяются между собой быстроразъемными клиновыми зажимами. В зависимости от потребной длины доставки используется необходимое число секций. Приводная секция без линейных может использоваться как обычный вибропитатель.

Одним из перспективных направлений механизации выпуска и доставки руды является применение вибрационных комплексов. Вибрационный комплекс обеспечивает выпуск руды из блока или аккумулирующей емкости с последующей транспортировкой ее в рудоспуск или погрузкой в средства доставки. Опыт эксплуатации комплексов показал, что при их использовании сокращаются зачисления горной массы в выпускных отверстиях, увеличивается производительность труда, уменьшаются объемы вторичного дробления негабаритов, повышается безопасность ведения горных работ. Однако существующие комплексы отличаются сравнительно высокой металлоемкостью, большими трудозатратами на монтаж и недостаточной надежностью.

Для уменьшения трудоемкости монтажно-демонтажных работ находят применение самоходные установки: с винтовыми двигателями и на пневмоколесном ходу.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Итон У. М. Горнодобывающее предприятие «Селби». Глюкауф, 1980, № 24, с. 3—5.
2. *Kurvengängige Gurtförderanlage in Neu Caledonien*. Braunkohle, 1981, N 12, с. 450—451.
3. Костерин Л. С., Фурсов Е. Г., Ратушняк П. С. и др. Результаты шахтных испытаний безроlikового ленточного конвейера.— Горный журнал, 1980, № 7, с. 47—48.
4. *Kevlar kontra Stahl in Fördergurten*. Fördern und Heben, 1983. № 2, с. 102.
5. W. J. Ostapenko, J. P. Sidorow. Neue Tragrollenkonstruktion für Gurtbandförderer. Hebezeuge und Fördermittel, 1982, № 12, с. 364—365.
6. Шевченко В. И. Конвейерный поезд на Рыбальском гранитном карьере.— Промышленный транспорт, 1983, № 6, с. 9—10.
7. П. Е. Коновалов, А. Е. Морозов. Привод конвейерных поездов с линейным турбинным двигателем.— Промышленный транспорт, 1980, № 9, с. 12—13.
8. «Energiesparender Bunkerabzug mit Schwingförderer», Deutsche Hebe- und Fördertechnik, 1983, № 5/6, с. 34.

9. А. О. Спиваковский, И. Ф. Гончаревич. Вибрационные конвейеры, питатели и вспомогательные устройства. М., Машиностроение, 1972.
10. И. Ф. Гончаревич, К. В. Фролов. Теория вибрационной техники и технологии. М., Наука, 1981.
11. Методика исследования параметров расштыбовочно-перегрузочных устройств. М., ИГД им. А. А. Скочинского, 1976.
12. Спиваковский А. О., Дьячков В. К. Транспортирующие машины. М., Машиностроение, 1983.
13. Paelke. Neue Entwicklungen in der Senkrechtfördertechnik. Braunkohle, 1981, № 10, с. 354—355.
14. Классен Г. П. Центральный погрузочный пункт в системе бункеров на шахте.—Глюкауф, 1983, № 2, с. 20—21.
15. Спиваковский А. О. О типе карьерной погрузочной машины для скальных пород.—Горный журнал, 1973, № 10, с. 15—17.
16. Тартаковский Б. Н., Бро С. М., Калашников С. Л. Опытный экземпляр экскаватора непрерывного действия для разработки взорванных скальных пород.—Горный журнал, 1974, № 11, с. 53—56.
17. Walter Durst. Entwicklungsstufen in der Senkrechtfördertechnik. Braunkohle, 1982, № 4, с. 99—101.
18. Нечипуренко В. Г., Станиславская В. А. Трехпутевая подвесная канатная дорога.—Промышленный транспорт, 1981, № 2, с. 16—17.
19. Онищенко В. И., Колосов Л. В., Заболотный К. С. и др. О создании подъемных установок большой грузоподъемности с несущими резинотросовыми лентами.—Горный журнал, 1980, № 5, с. 36—39.
20. Сашнов А. С., Николаев Ю. А. О создании шахтных пневматических подъемных установок.—Горный журнал, 1977, № 1, с. 60—62.
21. Шахтная пневматическая подъемная установка ШППУ. Караганда, изд. КарПИ, 1982.
22. Совершенствование технологии и организации транспортирования горной массы в рудных карьерах. Свердловск, 1982.
23. Александров А. М., Цимблер Ю. А. «Лило 2» в действии.—Промышленный транспорт, 1981, № 3, с. 14—15.
24. Спиваковский А. О. О типе питателя для выгрузки из бункеров крупнокузовых скальных грузов.—Шахтный и карьерный транспорт, 1977, вып. 3, М., Недра, с. 151—161.
25. Мулухов К. К. Транспортные машины на горных предприятиях США. М., Недра, 1981.
26. Spiess J. Hydrotransport. Fördern und Heben. 1983, № 2, с. 82—87.
27. Сэмелз Р. Е. Гидротранспорт крупного угля от забоя до обогатительной фабрики.—Глюкауф, 1982, № 10, с. 22—24.
28. Гончаревич И. Ф. Динамика вибродинамического транспортирования. Материалы Всесоюзной конференции по вибрационной технике. Тбилиси, 1977.
29. Волошин А. И. Новые решения в разработке загрузочных устройств пневмотранспорта для закладки выработанного пространства.—В кн.: Механика горнотранспортных машин. Киев, Наукова думка, 1979, с. 76—89.
30. Друтман М. Я., Корбут В. А., Шмалъ Ю. Д. Питатель волнового типа для загрузки ленточного конвейера.—В кн.: Шахтный и карьерный транспорт. М., Недра, с. 128—131.
31. Гончаревич И. Ф. Виброреология в горном деле. М., Наука, 1977.
32. Винницкий К. Е. Оптимизация технологических процессов на открытых разработках. М., Недра, 1976.
33. Спиваковский А. О., Гончаревич И. Ф. Вибрационные и волновые транспортирующие машины. М., Наука, 1983.
34. Кудрявцев Ю. И. Повышение эффективности вибрационного выпуска руды.—Горный журнал, 1979, № 10, с. 48—49.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
1. Ленточные конвейеры	4
1.1. Уникальные ленточные конвейерные установки	4
1.2. Специальные ленточные конвейеры	8
1.3. Элементы ленточных конвейеров	17
2. Конвейерные поезда	20
3. Вибрационные конвейеры, питатели и питатели-грохоты	25
3.1. Область применения в горной промышленности, типы и параметры специальных вибрационных конвейеров и питателей	25
3.2. Конструкции вибрационных питателей, конвейеров и вспомогательных устройств	29
4. Подъем из карьера цепным ковшовым конвейером	52
5. Ленточный ковшовый элеватор-шахтный подъемник	54
6. Шахтные спиральные спуски	59
7. Карьерные погрузочные машины непрерывного действия для скальных пород	61
8. Транспортно-механические агрегаты непрерывного действия на открытых разработках	65
9. Подвесные канатные дороги	71
10. Скиповый подъем с тяговым органом конвейерной лентой	74
11. Шахтный и карьерный скиповый пневматический подъем	76
12. Трубопроводный пневмоконтейнерный транспорт	79
13. Механизированные склады полезных ископаемых	84
14. Многоцепной скребковый питатель	88
15. Гидравлический трубопроводный транспорт	89
16. Винтовой конвейер для доставки по лаве	92
17. Шахтный монорельсовый электровоз с бесконтактным электропитанием	96
18. Вибропневмотранспортные устройства	98
19. Транспортирующие машины с волнообразными и волновыми движениями грузонесущего органа	104
20. Вибрационные подъемники	112
21. Установки для выпуска и доставки руды	123
Список литературы	127

*Александр Онисимович Сливаковский,
Игорь Фомич Гончаревич*

СПЕЦИАЛЬНЫЕ ТРАНСПОРТИРУЮЩИЕ УСТРОЙСТВА В ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Редактор издательства *Р. С. Яруллина*
Обложка художника *И. А. Слюсарева*
Художественный редактор *О. Н. Зайцева*
Технический редактор *Е. С. Сычева*
Корректор *З. Н. Ильина*

ИБ № 6352

Сдано в набор 21.08.84. Подписано в печать 25.12.84. Т-23969. Формат 60×90¹/₁₆. Бумага книжно-журнальная. Гарнитура «Литературная». Печать высокая. Усл. печ. л. 8.0. Усл. кр.-отт. 8.5. Уч. изд. л. 9.0. Тираж 3900 экз. Заказ 276/568—12. Цена 45 коп.

Ордена «Знак Почета» издательство «Недра», 103633, Москва, К-12.
Третьяковский пр., 1/19.
Набрано в московской типографии № 13 ПО «Периодика» ВО «Союзполиграфпром» Государственного комитета СССР по делам издательства, полиграфии и книжной торговли. 107005, Москва, Б-5. Денисовский пер., дом 30.
Отпечатано в Московской типографии № 8 ВГО «Союзгизтизд» при Государственном комитете СССР по делам издательства, полиграфии и книжной торговли.
107078, Москва, Каланчевский туп., д. 3/5. Зак. 1511