

**Министерство образования и науки Украины
Университет таможенных дел и финансов**

**Факультет информационных и транспортных систем и техно-
логий
Кафедра транспортных систем та технологий**

Разгонов С.А.

**КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ И ПОГРУЗОЧНО-
РАЗГРУЗОЧНЫЕ СРЕДСТВА»**

МАШИНЫ НЕПРЕРЫВНОГО ТРАНСПОРТА

Днепропетровск
2016

Содержание

	Стр.
Введение	7
Лекция 1 Общие сведения	8
1.1 Роль и значение транспортирующих машин	8
1.2 Назначение машин непрерывного транспорта	9
1.3 Классификация и основные виды транспортирующих машин	10
1.4 Основы выбора типа транспортирующей машины	12
1.5 Общие сведения о машинах непрерывного транспорта	13
1.5.1 Режимы работы, классы использования и условия эксплуатации машин непрерывного транспорта	13
1.5.2 Характеристика производственных, температурных и климатических условий окружающей среды	15
1.6 Характеристика транспортируемых грузов	16
Контрольные вопросы	18
Лекция 2 Составные элементы конвейеров с гибким тяговым органом	19
2.1 Тяговые органы конвейеров, их конструктивные типы и особенности	19
2.1.1 Тяговые цепи	20
2.1.2 Конвейерные ленты	26
2.2 Ходовые опорные устройства	33
2.3 Натяжные устройства	34
2.4 Приводы конвейеров	36
Контрольные вопросы	40
Лекция 3 Ленточные конвейеры	41
3.1 Ленточные конвейеры общего назначения с прорезиненной лентой	41
3.1.1 Общее устройство, типы и области применения	41
3.1.2 Элементы конвейеров	43
3.1.3 Расчет конвейеров	62
3.1.4 Монтаж ленточных конвейеров	67
3.1.5 Техническое обслуживание механизмов и деталей конвейеров	70
3.2 Ленточные конвейеры специальных типов с прорезиненной лентой	71
3.3 Ленточные конвейеры с металлическими лентами	76

Контрольные вопросы	77
Лекция 4 Цепные конвейеры	78
4.1 Пластинчатые конвейеры	79
4.1.1 Пластинчатые конвейеры общего назначения	79
4.1.1.1 Общее устройство, назначение и области применения	80
4.1.1.2 Элементы пластинчатых конвейеров	81
4.1.1.3 Расчет пластинчатых конвейеров	84
4.1.1.4 Монтаж пластинчатых конвейеров	88
4.1.1.5 Технический осмотр и ремонт элементов пластинчатых конвейеров	88
4.1.2 Пластинчатые конвейеры специального назначения	89
4.1.2.1 Общее устройство, назначение, области применения	89
4.1.2.2 Изгибающиеся пластинчатые конвейеры с пространственной трассой	89
4.1.2.3 Разливочные машины	90
4.1.2.4 Пассажирские транспортирующие машины	90
4.1.3 Эскалаторы	92
Контрольные вопросы	97
4.2 Скребковые конвейеры	98
4.2.1 Конвейеры со сплошными высокими скребками	99
4.2.1.1 Общее устройство, основные элементы и основные параметры	100
4.2.1.2 Расчет скребковых конвейеров	101
4.2.2 Конвейеры со сплошными низкими скребками	105
4.2.3 Конвейеры с контурными скребками	106
4.2.4 Трубчатые скребковые конвейеры	109
4.2.5 Канатно-дисковые и штанговые конвейеры	112
Контрольные вопросы	114
4.3 Скребково-ковшовые, ковшовые и люлечные конвейеры	115
4.3.1 Основные типы, устройство, назначение и применение	115
4.3.2 Скребково-ковшовые конвейеры	116
4.3.3 Ковшовые конвейеры	118
4.3.3.1 Элементы конвейеров, выбор основных параметров	118
4.3.3.2 Особенности расчета ковшового конвейера	121
4.3.4 Люлечные конвейеры	124
Контрольные вопросы	126
4.4 Подвесные, тележечные, грузоведущие, штанговые	

и шагающие конвейеры	127
4.4.1 Подвесные конвейеры. Основные типы и конструктивные особенности, классификация, принцип действия	127
4.4.1.1 Подвесные грузонесущие конвейеры	128
4.4.4.2 Подвесные грузотолкающие конвейеры	139
4.4.4.3 Подвесные несущие-толкающие конвейеры	141
4.4.4.4 Подвесные грузоведущие конвейеры	141
4.4.4.5 Подвесные несущие-грузоведущие конвейеры	142
4.4.2 Тележечные грузонесущие конвейеры	143
4.4.3 Грузоведущие и шагающие (шаговые) конвейеры	146
4.4.3.1 Грузоведущие вертикально замкнутые Конвейеры	147
4.4.3.2 Штанговые конвейеры	149
4.4.3.3 Шагающие конвейеры	150
Контрольные вопросы	152
Лекция 5 Элеваторы	153
5.1 Ковшовые элеваторы	153
5.1.1 Устройство, назначение, особенности конструкции	154
5.1.2 Способы загрузки и разгрузки	157
5.1.3 Особенности расчета ковшового элеватора	161
5.2 Люлечные и полочные элеваторы	163
5.2.1 Назначение и устройство, особенности конструкции	164
5.2.2 Способы загрузки и разгрузки	164
5.2.3 Особенности расчета люлечных и полочных элеваторов	166
Контрольные вопросы	167
Лекция 6 Конвейеры без тягового элемента	168
6.1 Винтовые конвейеры	168
6.1.1 Общие сведения, классификация и области применения	168
6.1.2 Устройство и элементы конвейеров	169
6.1.3 Особенности расчета винтовых конвейеров	172
6.1.4 Транспортирующие вращающиеся трубы	175
Контрольные вопросы	176
6.2 Качающиеся, инерционные и вибрационные конвейеры	176
6.2.1 Качающиеся конвейеры. Общие сведения	176
6.2.2 Динамические режимы работы	

качающихся конвейеров	177
6.2.3 Инерционные и вибрационные конвейеры	180
6.2.3.1 Горизонтальные и пологонаклонные вибрационные конвейеры	182
6.2.3.2 Вертикальные вибрационные конвейеры	185
Контрольные вопросы	186
6.3 Роликовые конвейеры	187
6.3.1 Назначение, классификация роликовых конвейеров	187
6.3.2 Неприводные роликовые конвейеры	188
6.3.3 Расчет неприводных роликовых конвейеров	189
6.3.4 Приводные роликовые конвейеры, типы и общее Устройство	190
6.3.5 Расчет приводных роликовых конвейеров	192
Контрольные вопросы	194
Лекция 7 Вспомогательные устройства	195
7.1 Общее устройство, типы и классификация вспомогательных устройств	195
7.2 Гравитационные (самотечные) устройства	195
7.3 Бункеры, бункерные затворы	197
7.3.1 Назначение и классификация бункеров	197
7.3.2 Процессы истечения и сводообразования в бункерах	199
7.3.3 Расчет пропускной способности бункеров	199
7.3.4 Бункерные затворы	200
7.4 Питатели и дозаторы	201
7.5 Метательные машины	204
7.6 Автоматические конвейерные весы	205
Контрольные вопросы	206
Лекция 8 Гидравлический и пневматический транспорт	207
8.1 Назначение и общее устройство установок гидравлического транспорта	207
8.2 Механическое оборудование установок гидравлического транспорта	208
8.3 Назначение и общее устройство установок пневматического транспорта	209
8.4 Механическое оборудование установок пневматического транспорта	211
8.5 Расчет гидро- и пневмотранспортных установок	212
8.5.1 Расчет установок напорного гидротранспорта	212
8.5.2 Расчет установок самотечного гидротранспорта	214

8.5.3 Расчет установок пневмотранспорта	214
Контрольные вопросы	216
Лекция 9 Подвесные канатные дороги	217
9.1 Общее устройство, конструктивные особенности подвесных канатных дорог	217
9.2 Основные типы подвесных канатных дорог	217
9.2.1 Одноканатные грузовые подвесные дороги	217
9.2.2 Двухканатные грузовые подвесные дороги	218
9.2.3 Пассажирские подвесные канатные дороги	220
9.3 Элементы ПКД и подвижной состав	224
9.4 Общий порядок расчета и конструирования подвесных канатных дорог	231
Контрольные вопросы	236
Лекция 10 Заключение	237
10.1 Использование машин непрерывного транспорта в современных транспортно-технологических системах и комплексах. Основные направления развития отрасли	237
10.2 Перспективы повышения надежности и безопасности эксплуатации, улучшения технологических, экологических и эргономических показателей качества машин непрерывного транспорта	238
Библиографический список	240

Введение

Основой системы массового поточного производства в начале XX в. стал сборочный конвейер, создателем которого принято считать американского промышленника, одного из основателей автомобильной промышленности США Генри Форда (1863–1947 гг.).

Сегодня любое промышленное производство оснащено средствами механизированного межоперационного транспорта. Сборочные конвейеры составляют базу современного машиностроения, обеспечивая согласованное и взаимосвязанное выполнение рабочих процессов, устанавливая стабильный ритм работы предприятий.

Для машин непрерывного действия характерно непрерывное перемещение насыпных или штучных грузов по заданной трассе без остановок для загрузки или разгрузки, при этом рабочие и обратные движения грузонесущего элемента происходят одновременно. Транспортирующие машины отличаются высокой надежностью, удобством эксплуатации и обслуживания; имеют большую длину транспортирования; работают в автоматическом режиме в комплексе с технологическим оборудованием; обеспечивают высокую производительность благодаря непрерывности процесса транспортирования.

При изучении теоретического курса дисциплины «Расчет и проектирование машин непрерывного транспорта» мы познакомимся с устройством, основными конструктивными, эксплуатационными и расчетными параметрами основных типов и основных элементов машин непрерывного действия: конвейеров, эскалаторов, пневматических и гидравлических транспортирующих устройств и вспомогательного оборудования.

В представленном лекционном курсе дана техническая оценка эксплуатационных параметров транспортирующих машин, рассмотрены способы перемещения, загрузки и разгрузки насыпных и штучных грузов и их основные свойства; приведены теоретические сведения и базовые положения расчета, конструирования и эксплуатации основных типов и элементов машин непрерывного транспорта; рассмотрены основы выбора типа транспортирующих машин, а также направления их перспективного развития и использования; дана техническая оценка эксплуатационных параметров основных конструктивных типов и элементов конвейеров.

ЛЕКЦИЯ 1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

План лекции

- 1.1 Роль и значение транспортирующих машин
 - 1.2 Назначение и классификация машин непрерывного транспорта
 - 1.3 Классификация и основные виды транспортирующих машин
 - 1.4 Основы выбора типа транспортирующей машины
 - 1.5 Общие сведения о машинах непрерывного транспорта
 - 1.5.1 Режимы работы, классы использования и условия эксплуатации машин непрерывного транспорта
 - 1.5.2 Характеристика производственных, температурных и климатических условий окружающей среды
 - 1.6 Характеристика транспортируемых грузов
- Контрольные вопросы

1.1 Роль и значение транспортирующих машин

В течение данного курса мы познакомимся с основными типами транспортирующих машин непрерывного действия: конвейерами, эскалаторами, пневматическими и гидравлическими транспортирующими устройствами, а также вспомогательными устройствами транспортирующих систем, которые в совокупности дают полное представление о современных средствах комплексной механизации погрузочно-разгрузочных, транспортных и складских работ.

По принципу действия подъемно-транспортные машины делятся на две группы: периодического и непрерывного действия. К первым относятся грузоподъемные краны всех типов, лифты, средства напольного транспорта (тележки, тягачи, погрузчики), подвесные рельсовые и канатные дороги периодического действия, скреперы и др. подобные машины; ко вторым (их также называют машины непрерывного транспорта или транспортирующие машины) – конвейеры различных типов, устройства пневматического и гидравлического транспорта.

Машины периодического действия характеризуются периодической подачей грузов, при этом загрузка и разгрузка производится при остановке машины. Цикл работы машины периодического действия состоит из остановки для захвата груза, подъема, движения с грузом, опускания, остановки для освобождения от груза и обратного движения без груза, т. е. из попеременно возвратных движений с остановками.

Машины непрерывного действия характеризуются непрерывным перемещением насыпных или штучных грузов по заданной трассе без остановок для загрузки или разгрузки. Перемещаемый насыпной груз располагается сплошным слоем на несущем элементе машины или отдельными порциями в

непрерывно движущихся последовательно расположенных ковшах, коробах и др. емкостях. Штучные грузы перемещаются также непрерывным потоком в заданной последовательности один за другим. При этом рабочее (с грузом) и обратное (без груза) движения грузонесущего элемента происходят одновременно. Благодаря непрерывности перемещения груза, отсутствию остановок для загрузки и разгрузки и совмещению рабочего и обратного движений грузонесущего элемента машины непрерывного действия имеют высокую производительность.

1.2 Назначение машин непрерывного транспорта

Конвейеры являются составной частью технологического процесса предприятия и основными средствами комплексной механизации и автоматизации погрузочно-разгрузочных и складских операций.

Высокая производительность машин непрерывного транспорта обеспечивается:

- непрерывностью процесса перемещения;
- отсутствием остановок для загрузки или разгрузки;
- совмещением рабочего и обратного движений грузонесущего элемента.

Особую группу транспортирующих машин и установок составляют работающие совместно с ними вспомогательные устройства: питатели, весы, погрузочные машины, бункера, затворы, дозаторы и др.

Промышленный транспорт по территориальному признаку подразделяется на внешний и внутренний (внутризаводской). Внешний транспорт предназначен для доставки на предприятие сырья, топлива, полуфабрикатов, готовых изделий и других материалов; вывоза с предприятия готовой продукции и отходов.

Внутренний (внутризаводской) транспорт классифицируется на межцеховой и внутрицеховой.

Выбор средства межцехового транспортирования определяется масштабом и типом производства. Рациональным решением является объединение межцехового и внутрицехового транспортирования, исключая промежуточные перегрузки. Наиболее целесообразным является широкое использование автоматических линий, объединяющих в процессе перемещения технологические операции с изделиями (закалка, отпуск, очистка, охлаждение, окраска, сушка, упаковка и др.).

Тесная связь конвейеров с общим технологическим процессом предъявляет к ним высокие требования: надежность, прочность, долговечность, удобство в эксплуатации, способность работать в автоматическом режиме.

Конвейеры применяются во всех областях народного хозяйства благодаря высокой производительности, непрерывности перемещения и высокой степени автоматизации. Конструкции конвейеров очень разнообразны. Почти

каждый из указанных типов машин имеет конструктивные разновидности, которые мы далее и рассмотрим.

1.3 Классификация и основные виды транспортирующих машин

Транспортирующие машины имеют конструктивные особенности и различаются:

- по способу передачи перемещаемому грузу движущей силы:
 - действующие при помощи механического привода;
 - самотечные устройства, в которых груз перемещается под действием собственной силы тяжести;
 - устройства пневматического и гидравлического транспорта, в которых движущей силой является поток воздуха или струя воды.
- по характеру приложения движущей силы и конструкции: с тяговым элементом (лентой, цепью, канатом); без тягового элемента;
- по роду перемещаемых грузов: для насыпных и для штучных грузов;
- по направлению и трассе перемещения грузов:
 - вертикально замкнутые, которые располагаются в вертикальной плоскости и перемещают грузы по трассе, состоящей из одного или нескольких прямолинейных отрезков;
 - горизонтально замкнутые, которые располагаются в одной горизонтальной плоскости на одном горизонтальном уровне по замкнутой трассе;
 - пространственные, которые располагаются в пространстве и перемещают грузы по сложной пространственной трассе с горизонтальными, наклонными и вертикальными участками.

Классификация транспортирующих машин непрерывного действия представлена на рис. 1.1.

Схемы трасс перемещения грузов транспортирующими машинами представлены на рис. 1.2.

По характеру движения грузонесущего (рабочего) элемента различают конвейеры с непрерывным движением; с периодическим (пульсирующим) движением (поступательное, возвратно-поступательное, вращательное, колебательное).

По назначению и положению на производственной площадке различают конвейеры:

- стационарные;
- подвижные распределительные с собственным попеременно возвратным фиксированным движением (челноковые);
- переставные (переставляемые по мере изменения мест выработки в шахте или карьере);
- переносные;
- передвижные.



Рис. 1.1. Классификация транспортирующих машин непрерывного действия

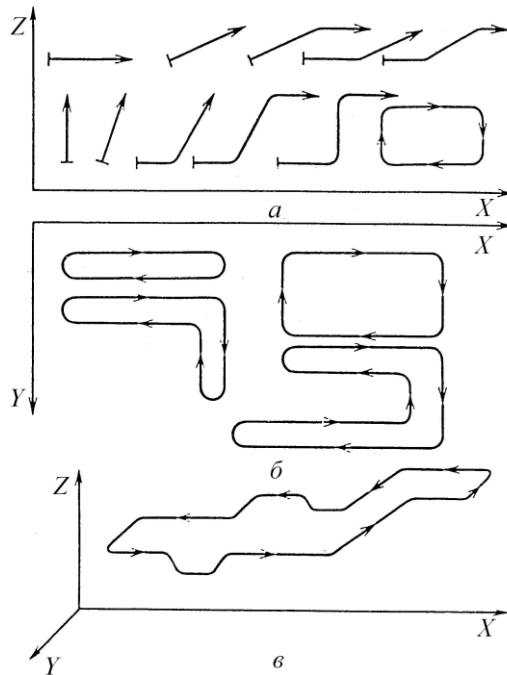


Рис. 1.2. Схемы трасс перемещения грузов транспортирующими машинами: а – вертикально замкнутая; б – горизонтально замкнутая; в – пространственная

Существуют следующие способы перемещения грузов [2]:

- на непрерывно движущемся несущем элементе в виде сплошной ленты или настила (ленточные, пластинчатые, цепенесущие конвейеры);
- в непрерывно движущихся рабочих элементах в виде ковшей, коробов, подвесок, тележек и т.д. (ковшовые, подвесные, тележечные, люлочные конвейеры, эскалаторы, элеваторы);
- волочением по неподвижному желобу или трубе непрерывно движущимися скребками (скребковые конвейеры);
- волочением (проталкиванием) по неподвижному желобу вращающимися винтовыми лопастями (винтовые конвейеры);
- пересыпанием и продольным перемещением во вращающейся трубе – гладкой или с винтовыми лопастями (транспортные трубы);
- скольжением под действием сил инерции или перемещением микробросками по колеблющемуся желобу или трубе (качающиеся инерционные и вибрационные конвейеры);
- на колесах или на тележках по путям, уложенным на полу помещения вне конструкции конвейера (грузоведущие конвейеры);
- поступательный перенос на отдельные фиксированные участки по длине (шагающие конвейеры);
- в закрытой трубе непрерывным потоком во взвешенном состоянии в струе движущегося воздуха или отдельными порциями под действием струи воздуха (установки пневматического транспорта, пневмопочта, пневмоконтейнеры);
- в желобе или трубе под действием струи воды (установки гидравлического транспорта);
- перемещением ферромагнитных грузов в трубе или желобе под действием бегущего магнитного поля (соленоидные конвейеры).

1.4 Основы выбора типа транспортирующей машины

Основными критериями для выбора типа транспортирующей машины являются технико-экономическая эффективность ее использования, обеспечение надежности ее работы в заданных условиях, удовлетворение комплексу технических требований, охраны труда и техники безопасности.

Технические факторы выбора транспортирующей машины:

характеристика перемещаемого груза;

заданная производительность;

направление, длина и конфигурация трассы транспортирования;

способы загрузки и разгрузки;

характеристика производственных процессов, сочетаемых с процессом транспортирования; производственные и климатические условия.

1.5 Общие сведения о машинах непрерывного транспорта

1.5.1 Режимы работы, классы использования и условия эксплуатации машин непрерывного транспорта

Работу конвейера характеризуют следующие факторы:
фактическое (эксплуатационное) время работы;
нагрузки, действующие на конвейер и его элементы при обеспечении заданной производительности и продолжительности их действия;
условия производства и окружающей среды, в которых работает конвейер.

Совокупность этих показателей определяет классы использования, расчетные и эксплуатационные режимы работы конвейера. Использование конвейера по времени характеризуется коэффициентами $K_{в.с}$ и $K_{в.г}$ [2]

$$K_{в.с} = t_{п.с} / t_c = t_{п.с} / 24, \quad (1.1)$$

$$K_{в.г} = t_{п.г} / t_T = t_{п.г} / 8760, \quad (1.2)$$

где $t_{п.с}$ и $t_{п.г}$ – плановое время работы конвейера в сутки и в год;

t_c и t_T – календарное время (количество часов в сутки и в год).

Расчетный коэффициент фактического использования конвейера по времени $K_{в}$

$$K_{в} = t_M / t_{п} \leq 1, \quad (1.3)$$

где t_M – время фактической (машинной) работы конвейера, час;

$t_{п}$ – заданное плановое время работы конвейера, час.

В зависимости от значений коэффициентов $K_{в.с}$, $K_{в.г}$, $K_{в}$ и количества времени работы существует пять классов использования конвейеров по времени работы в сутки и в год: В1; В2; В3; В4; В5.

Классы использования конвейера по производительности характеризуются общим коэффициентом загрузки:

$$K_{п} = Q_c / Q_{\max} = Z_c / Z_{\max}, \quad (1.4)$$

где Q_c и Q_{\max} – средняя и максимальная массовые производительности конвейера, т/час;

Z_c и Z_{\max} – средняя и максимальная штучные производительности, шт/час.

В зависимости от значений коэффициента загрузки $K_{п}$ существует три класса использования конвейера по производительности: П1; П2; П3.

Средняя производительность конвейера:

$$Q_c = (1 / t_{cm}) \sum Q_i \tau_i, \quad (1.5)$$

где Q_i – производительность конвейера в определенный промежуток времени τ_i (час) в общем периоде рабочей смены, т/час;

$t_{cm} = \sum \tau_i$ – общее машинное время работы конвейера в смену, час.

Подобным образом определяется средняя штучная производительность Z_c (шт./час).

Классы использования конвейера по грузоподъемности при транспортировании штучных грузов характеризуются коэффициентами максимальной $K_{м.н}$ и эквивалентной $K_{э.н}$ загрузки. В зависимости от значений этих коэффициентов существуют три класса использования конвейера по грузоподъемности Н1; Н2; Н3 [2].

Использование конвейера по нагружению (натяжению) тягового элемента характеризуется коэффициентами максимального $K_{м.ц}$ и эквивалентного $K_{э.ц}$ натяжения, в зависимости от величин этих коэффициентов существуют три класса использования конвейера по нагружению тягового элемента Ц1; Ц2; Ц3. Установленные классы использования регламентируют пять режимов работы конвейеров: ВЛ; Л; С; Т; ВТ (табл. 1.1).

Основными показателями для определения режима являются классы использования конвейера по времени (В) и производительности (П) для всех видов конвейеров. Классы использования конвейера по грузоподъемности (Н) и по натяжению тягового элемента (Ц) являются дополнительными признаками и учитываются в поверочных расчетах, сравнительном анализе конвейеров, в расчетах долговечности элементов конвейера [2].

Таблица 1.1

Характеристика режимов работы конвейеров

Время работы конвейера в сутки	Класс использования конвейера по времени	Режимы работы конвейера	Примеры использования конвейеров
Менее одной смены	В1	ВЛ	Периодически работающие конвейеры (на отдельных секциях склада, для уборки стружки и т.д.)
Одна смена	В2	Л, С	Конвейеры всех видов, непрерывно работающие (в заданное время) на предприятиях различных отраслей промышленности
Две смены	В3	С, Т	
Три смены	В4	Т, ВТ	
Круглосуточно	В5	ВТ	Конвейеры для непрерывных технологических процессов

1.5.2 Характеристика производственных, температурных и климатических условий окружающей среды

При проектировании и эксплуатации машин непрерывного транспорта необходимо учитывать производственные, температурные и климатические условия окружающей среды. Окружающая среда характеризуется составом и массовой концентрацией пыли, влажностью воздуха, насыщением его парами химических веществ, газами, вредно действующими на детали конвейера; температурой (климатическими условиями); пожаро- и взрывоопасностью.

Обозначения исполнений конвейеров для микроклиматических районов с климатом:

У – умеренным;

ХЛ – холодным;

ТВ – влажным тропическим;

ТС – сухим тропическим;

Т – сухим и влажным тропическим;

О – общеклиматическое исполнение (для всех микроклиматических районов на суше).

Если конвейер располагается в нескольких помещениях с различными производственными и температурными условиями, то в качестве расчетной базы применяют наихудшие условия эксплуатации.

1.6 Характеристика транспортируемых грузов

Насыпные грузы (транспортируемые машинами непрерывного действия) – это массовые навалочные кусковые, зернистые, порошкообразные и пылевидные материалы, хранимые и перемещаемые навалом (руда, уголь, торф, щебень, зерно, песок, цемент).

Свойства насыпных грузов:

кусковатость (размер и форма частиц);

плотность;

влажность;

угол естественного откоса;

подвижность частиц;

абразивность;

крепость;

коррозионность;

липкость;

ядовитость;

взрывоопасность;

способность самовозгораться, слеживаться, смерзаться.

Кусковатость (гранулометрический состав) – это количественное распределение частиц груза по крупности. Однородность размеров частиц насыпного груза определяется коэффициентом k_0 :

$$k_0 = a_{\max} / a_{\min}, \quad (1.6)$$

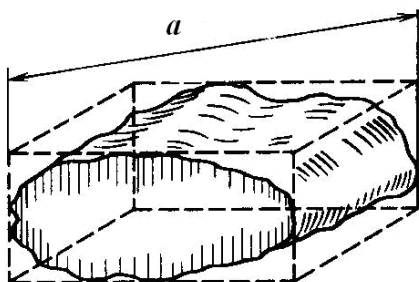
где a_{\min} – размер максимальной частицы транспортируемого груза, мм;

a_{\max} – размер минимальной частицы транспортируемого груза, мм.

При $k_0 > 2,5$ – груз рядовой, при $k_0 \leq 2,5$ – груз сортированный.

Насыпные грузы характеризуются размером типичного куска a (рис. 1.3). Для сортированных грузов $a = (a_{\min} + a_{\max}) / 2$, для рядовых $a = a_{\max}$. В зависимости от размеров частиц a_{\max} насыпной груз подразделяется на следующие группы:

пылевидный (цемент)	до 0,05 мм
порошкообразный (мелкий песок)	0,05–0,49 мм
зернистый (зерно)	0,5–9 мм
мелкокусовой (щебень)	10–60 мм
среднекусовой (уголь)	61–199 мм
крупнокусовой (руда)	200–500 мм
особо крупнокусовой (камни, валуны)	более 500 мм



Плотность груза – это отношение его массы к занимаемому объему. Различают плотность груза свободно насыпанного (разрыхленного); механически уплотненного; в естественном плотном массиве.

Коэффициент разрыхления

$$k_{\text{рх}} = \rho_{\text{п}} / \rho, \quad (1.7)$$

где $\rho_{\text{п}}$ – плотность в массиве;

ρ – плотность в разрыхленном состоянии.

В зависимости от плотности грузы разделяют на группы (табл. 1.2).

Влажность насыпного груза $\omega_{\text{в}}$ (%) – это отношение массы содержащейся в грузе воды к массе высушенного груза:

Рис. 1.3. Расчетный размер частиц насыпного груза

$$\omega_{\text{в}} = (m_{\text{в}} - m_{\text{с}}) 100 / m_{\text{с}}, \quad (1.8)$$

где $m_{\text{в}}$ и $m_{\text{с}}$ – массы порций влажного и просушенного грузов.

Таблица 1.2

Распределение насыпных грузов по плотности

Группы грузов	Плотность ρ , т/м ³
Легкие (торф, кокс, мука, древесные опилки)	До 0,6
Средние (зерно, каменный уголь, шлак)	0,6–1,6
Тяжелые (порода, гравий, щебень, песок)	1,6–2,0
Особо тяжелые (руда, камень)	2,0–4,0

Угол естественного откоса груза φ_0 – это угол между образующей конуса из свободно насыпанного груза и горизонтальной плоскостью. Различают углы естественного откоса груза в покое φ_0 и в движении φ (рис. 1.4), $\varphi \approx 0,35\varphi_0$.

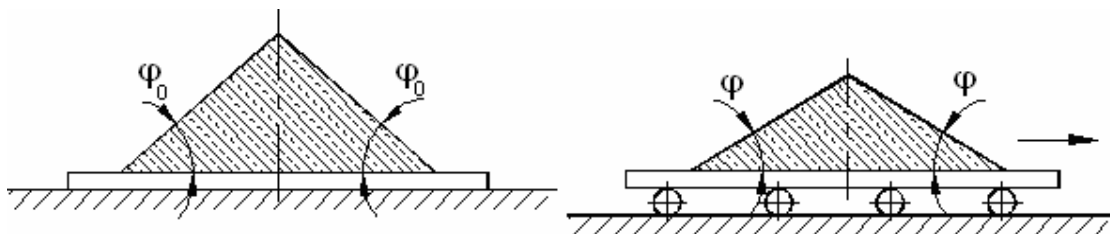


Рис. 1.4. Расположение насыпного груза:
а – в покое; б – в движении

Подвижностью частиц груза (табл. 1.3) определяется площадь сечения груза на движущейся опорной плоскости (лента или настил конвейера).

Таблица 1.3

Группы подвижности частиц грузов

Подвижность частиц груза	Насыпные грузы	Угол естественного откоса груза в покое φ_0 , град	Расчетный угол естественного откоса груза в движении φ , град
Легкая	Апатит, сухой песок, сухая галька, пылеуголь	30–35	10
Средняя	Влажный песок, формовочная земля, каменный уголь, камень, щебень, торф	40–45	15
Малая	Сырая глина, гашеная известь	50–56	20

Абразивность – это свойство частиц насыпного груза изнашивать соприкасающиеся с ним во время движения рабочие поверхности. По степени абразивности насыпные грузы делятся на группы:

- A – неабразивные;
- B – малоабразивные;
- C – средней абразивности;
- D – высокой абразивности.

Крепость (крепкость) груза характеризуется коэффициентом крепости:

$$k_{кр} = \sigma_{сж} / 10, \quad (1.9)$$

где $\sigma_{сж}$ – предел прочности образца груза при сжатии (МПа).

Слеживаемость – способность насыпного груза (глина, соль, цемент) терять подвижность при длительном хранении.

Липкость – способность насыпного груза (глина, мел) прилипнуть к твердым телам (особенно во влажном состоянии).

Штучные грузы классифицируют на непосредственно штучные (единичные изделия, детали, узлы машин) и тарные (ящики, бочки, мешки, контейнеры). Штучные грузы характеризуются габаритными размерами, формой, массой одного изделия, хрупкостью, температурой и др.

Контрольные вопросы

1. Перечислить основные требования, предъявляемые при выборе транспортирующей машины.

2. Чем обеспечивается высокая производительность машин непрерывного транспорта?

3. Перечислить основные классификационные признаки транспортируемых машин.

4. Представить основную классификацию транспортирующих машин непрерывного действия.

5. Назвать основные способы перемещения грузов на транспортирующих машинах.

6. Какими основными факторами и техническими параметрами обеспечивается выбор транспортирующей машины?

7. Охарактеризовать основные режимы и классы использования конвейеров.

8. Перечислить и дать определение основным свойствам сыпучих и штучных грузов.

9. Перечислить и дать определение основным свойствам насыпных грузов.

10. Чем характеризуется гранулометрический состав насыпных грузов? Назвать основные группы насыпных грузов в зависимости от размеров их частиц.

11. На какие группы классифицируется насыпной груз в зависимости от его плотности?

12. Каким параметром определяется группа подвижности частиц груза?

13. От чего зависит группа абразивности груза?

14. Как влияют свойства груза на выбор параметров транспортирующей машины?

ЛЕКЦИЯ 2. СОСТАВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ КОНВЕЙЕРОВ С ГИБКИМ ТЯГОВЫМ ОРГАНОМ

План лекции

- 2.1 Тяговые органы конвейеров, их конструктивные типы и особенности
 - 2.1.1 Тяговые цепи
 - 2.1.2 Конвейерные ленты
- 2.2 Ходовые опорные устройства
- 2.3 Натяжные устройства
- 3.4 Приводы конвейеров
- Контрольные вопросы

Составными частями конвейеров с гибким тяговым органом являются грузонесущий (рабочий) элемент, тяговый элемент, ходовые опорные устройства (катки, ролики, каретки), натяжное устройство, привод, поддерживающая металлоконструкция (станина).

2.1 Тяговые органы конвейеров, их конструктивные типы и особенности

Гибкими тяговыми органами конвейеров являются цепи, ленты и канаты.

Преимущества тяговых цепей:

- возможность огибания звездочек и блоков малого диаметра;
- гибкость в вертикальной и горизонтальной плоскостях;
- высокая прочность при малом удлинении;
- удобство и высокая прочность грузонесущих и опорных элементов;
- надежность передачи тягового усилия зацеплением на звездочке при малом первоначальном натяжении;
- возможность работы при высокой температуре.

Недостатки тяговых цепей:

- большая масса и высокая стоимость;
- наличие большого количества шарниров, требующих регулярного наблюдения и смазки;
- ограничение скорости движения из-за дополнительных динамических нагрузок;
- интенсивное изнашивание цепи при высоких скоростях.

Преимущества конвейерных лент:

- возможность сочетания функций тягового и несущего элементов;
- малая масса;
- простота конструкции и эксплуатации;
- возможность перемещения с высокими скоростями;
- отсутствие быстроизнашивающихся шарниров;

- удовлетворение требованиям свойств транспортируемых грузов и окружающей среды.

Недостатки конвейерных лент:

- фрикционный способ передачи, требующий большого первоначального натяжения;
- недостаточный срок службы при транспортировании тяжелых и крупнокусковых грузов;
- ограниченная возможность использования для транспортирования горячих грузов;
- сложность текущего ремонта и очистки от липких грузов;
- повышенное удлинение ленты (до 4%) при рабочих нагрузках.

Преимущества канатов:

- меньшая стоимость и масса по сравнению с цепями при равной прочности;
- гибкость во всех направлениях;
- меньшая подверженность воздействию пыли и грязи из-за отсутствия шарниров;
- возможность перемещения с высокими скоростями.

Недостатки канатов:

- сложность создания надежного привода;
- большое первоначальное натяжение при фрикционном приводе;
- малый срок службы;
- большая вытяжка при рабочих нагрузках;
- сложность крепления рабочих элементов и замены отдельных частей каната.

2.1.1 Тяговые цепи

Основными параметрами тяговой цепи являются шаг звена, разрушающая нагрузка, масса 1 м цепи, определяющим признаком является конструкция цепи [2].

Круглозвенные сварные цепи (рис. 2.1) изготавливаются из круглой легированной стали отрезками 1–2 м, соединяются в процессе сборки с грузонесущими элементами с помощью соединительных звеньев.

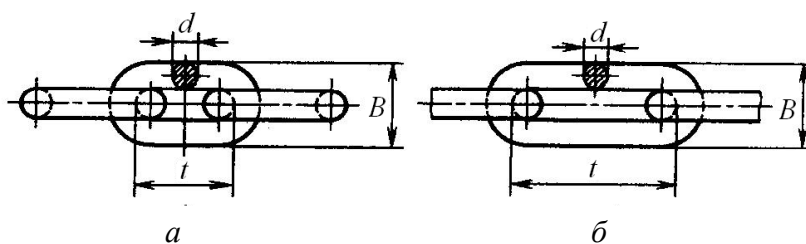


Рис. 2.1. Круглозвенные сварные цепи:
a – короткозвенные; *б* – длиннозвенные

Преимущества круглозвенных цепей: простота конструкции; малая стоимость; пространственная гибкость; наличие открытого самоочищающегося шарнира [2].

Недостатки круглозвенных цепей: малая площадь контакта звеньев; быстрое изнашивание; недостаточная точность изготовления звеньев.

Литые цепи (рис. 2.2) имеют разнообразные конструкции, изготавливаются из ковкого чугуна.

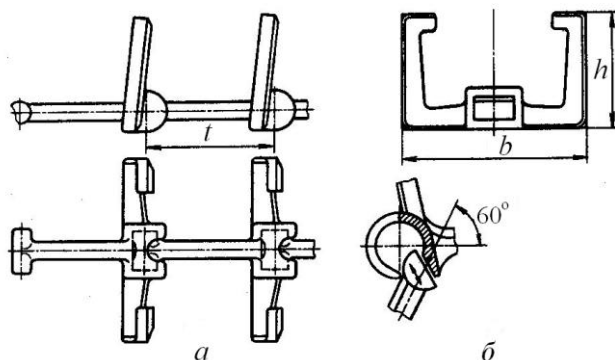


Рис. 2.2. Литая разборная цепь из ковкого чугуна: *a* – конструкция; *б* – способ сборки-разборки

Преимущества литых цепей: малая стоимость; возможность изготовления звеньев сложной конфигурации.

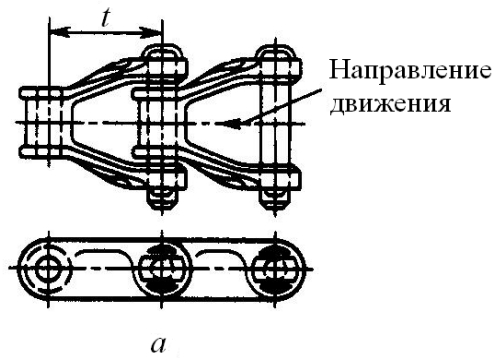
Недостатки литых цепей: большая масса; невысокая надежность.

Литые цепи применяют в конвейерах с контурными скребками сложной конфигурации [2].

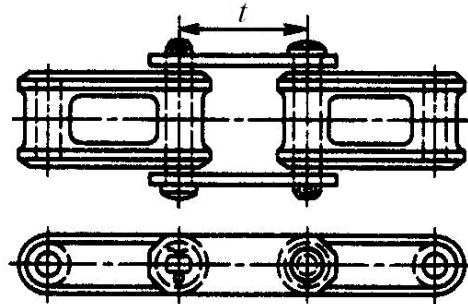
Комбинированные цепи (рис. 2.3) изготавливают из звеньев, отлитых из ковкого чугуна или стали заодно с втулками, и точеных стальных валиков, возможно сочетание литых внутренних звеньев с наружными штампованными звеньями из полосовой стали [2]. Пластинчатыми являются цепи со звеньями из пластин, соединенных валиками или втулками [2]. Для крепления грузонесущих элементов конвейеров к цепи пластины обычно выполняют с отверстиями или снабжают их полками с отверстиями. По конструкции узла шарнира пластинчатые цепи:

- безвтулочные (рис. 2.4):
- безроликовые; роликовые;
- втулочные (рис. 2.5): без роликовые; роликовые;
- катковые (рис. 2.6): с гладкими катками; с ребрами на катках.

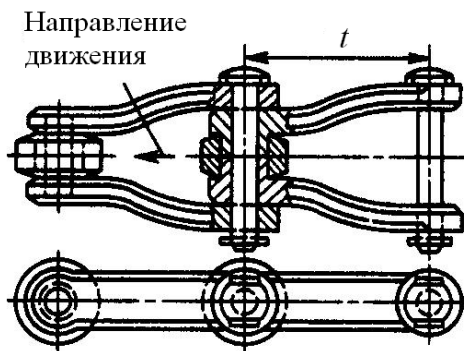
При легких режимах работы применяют пластинчатые безвтулочные цепи (рис. 2.4), которые имеют наиболее простую конструкцию и низкую стоимость и применяются в конвейерах только при малых скоростях и невысоких нагрузках.



a



б



в

Рис. 2.3. Комбинированные цепи:
a, б – безроликовые; *в* – роликовая

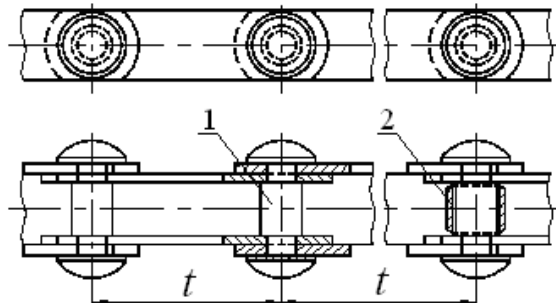


Рис. 2.4. Пластинчатые цепи беззвучные:
 1 – безроликовые; 2 – роликовые

Наиболее эффективными и имеющими широкое применение являются роликовые и катковые пластинчатые цепи [2]. При перегибе цепи на звездоч-

ке давление между валиком и втулкой в шарнире распределяется по значительно большей поверхности, чем у безвтулочной цепи, поэтому при одинаковых усилиях давление и износ в шарнире получаются меньшими.

При средних и тяжелых режимах работы используют втулочные (безроликовые и роликовые) (рис. 2.5) и катковые пластинчатые цепи (рис. 2.6). При применении на конвейере в качестве тягового элемента двух параллельных цепей отдельные валики выполняют иногда в виде сквозной оси, соединяющей обе цепи.

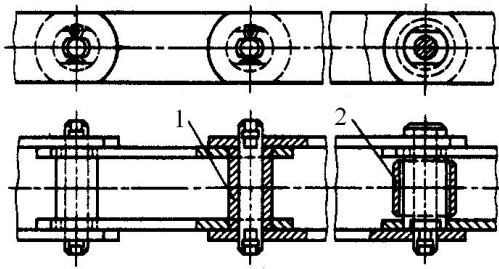


Рис. 2.5. Пластинчатые цепи втулочные:
1 – безроликовые; 2 – роликовые

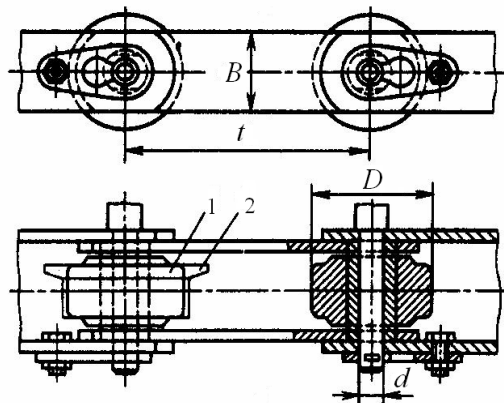


Рис. 2.6. Пластинчатые цепи катковые:
1 – с гладкими катками; 2 – с ребрами на катках

Ролики устанавливают для уменьшения износа валика или втулки и зуба звездочки. Катки служат также ходовыми опорами, т. к. цепь на них движется по направляющим путям. По форме звеньев различают цепи с прямыми и изогнутыми пластинами. Наибольшее распространение в конвейерах получили роликовые и катковые пластинчатые цепи.

Катки цепи устанавливают на подшипниках скольжения или на подшипниках качения. Цепи с катками на подшипниках качения применяют на конвейерах тяжелого типа с большими нагрузками (тележечные конвейеры) для уменьшения сопротивления движению цепи.

Основные параметры и размеры цепей регламентированы ГОСТ 588–81, основными параметрами тяговой цепи являются: шаг звена, разрушающая нагрузка, масса 1 м цепи; определяющим признаком является конструкция цепи. Нормальный ряд шагов цепи: 40, 50, 63, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800 и 1000 мм.

Пластинчатые цепи имеют широкое применение в пластинчатых, ковшевых, тележечных, цепенесущих конвейерах и элеваторах. Преимуществами тяговых пластинчатых цепей являются: простота изготовления; экономичность производства; удобство крепления рабочих элементов; высокая точность изготовления; высокая прочность и износостойкость.

К недостаткам пластинчатых цепей относятся: отсутствие пространственной гибкости; сложность обеспечения неподвижных соединений деталей шарниров с пластинами.

Коэффициентом запаса прочности тягового элемента является отношение разрушающей нагрузки к допускаемой. Принятый запас прочности должен обеспечивать надежную, безопасную и долговечную работу конвейера в определенных условиях эксплуатации.

Разборные цепи (рис. 2.7, 2.8) по конструкции и способу изготовления: кованные (горячештампованные); холодноштампованные [2].

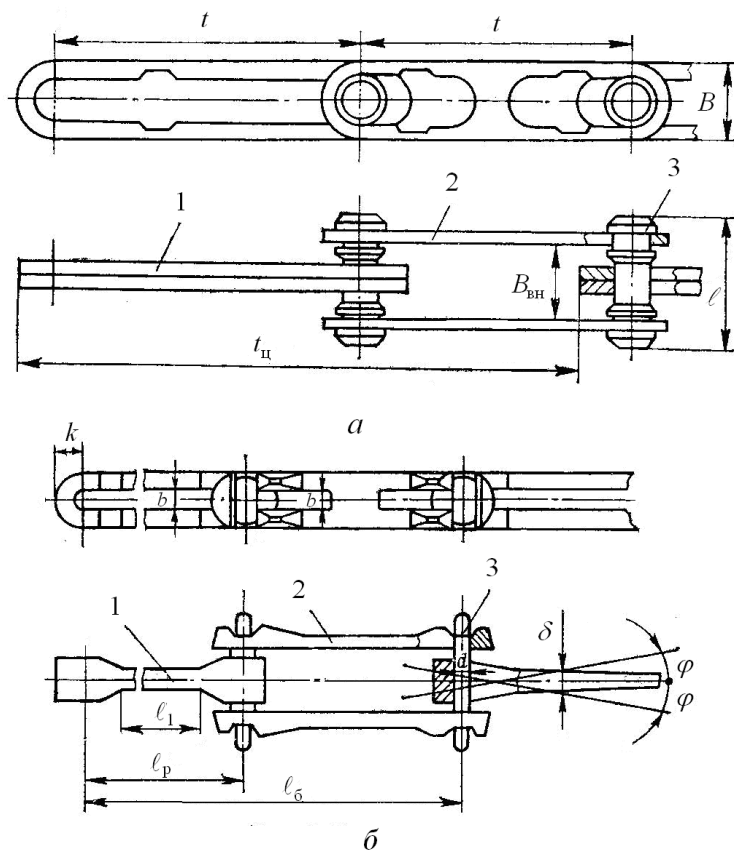


Рис. 2.7. Разборные холодноштампованные цепи:
 а – с фиксированными валиками; б – с искривленными пластинами;
 1 и 2 – пластины; 3 – валик

Эти цепи являются наиболее совершенными и применяются в подвесных, сборочных, тележечных, скребковых конвейерах. Основные параметры разборных цепей регламентированы ГОСТ 589-74.

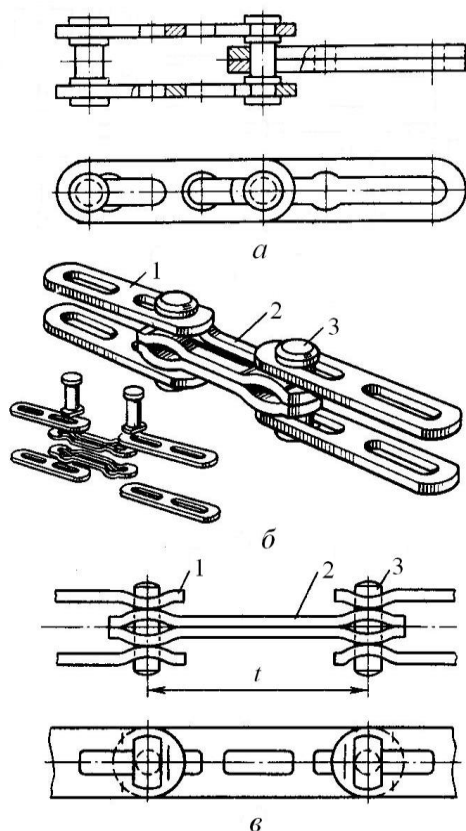


Рис. 2.8. Холодноштампованная разборная цепь:
1 – наружное звено цепи; 2 – внутреннее звено цепи; 3 – валик

Вильчатые цепи (рис. 2.9) используются на конвейерах с погруженными скребками и имеют упрощенный беззвучный шарнир [2]. Запас прочности для изготовления цепей выбирают повышенным (12–15) с учетом уменьшения сечения звена от износа.

Параметры вильчатых цепей регламентированы ГОСТ 12996-79, нормальный ряд шагов цепи: 100; 125; 160; 200; 250 мм.

Профиль зуба звездочки для тяговых цепей строят графически. Основным расчетным параметром является диаметр делительной окружности. Приводные звездочки отливают из стали 35Л или изготавливают в виде зубчатого венца из листовой стали 40 или 50; зубья звездочек подвергают поверхностной обработке.

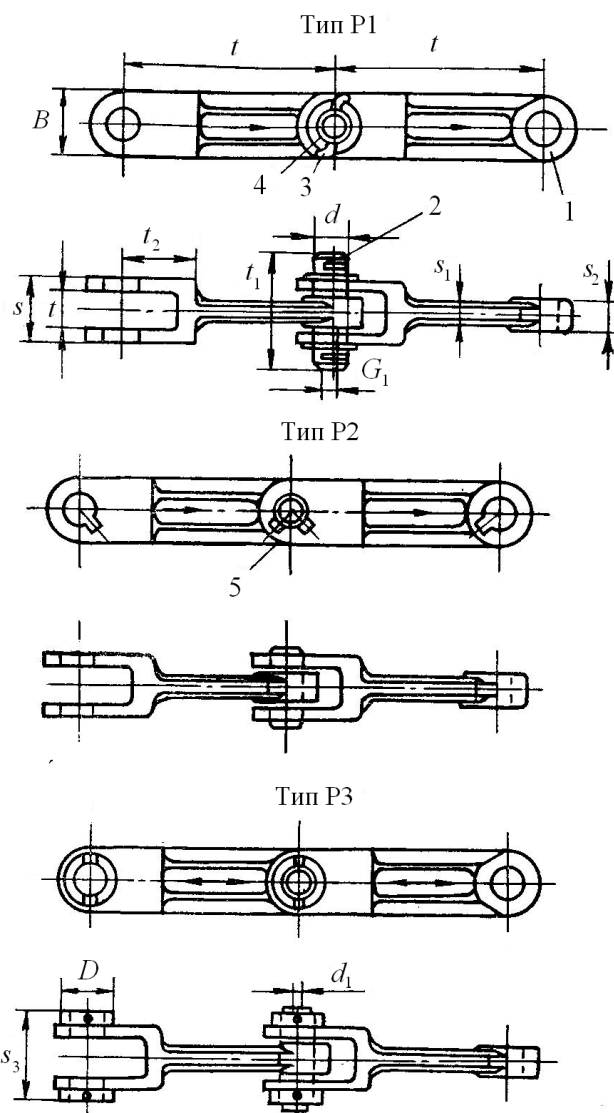


Рис. 2.9. Вильчатая цепь:
 1 – звено; 2 – палец; 3 – шплинт; 4 – шайба; 5 – штифт-шпонка

2.1.2 Конвейерные ленты

Широкое применение в качестве тяговых элементов получили конвейерные ленты (ленточные конвейеры, ковшовые элеваторы). Требования, предъявляемые к конвейерным лентам [2]:

- высокая прочность и износостойкость;
- малая масса;
- небольшое относительное удлинение;
- высокая эластичность в продольном и поперечном направлениях;
- малая гигроскопичность;
- сопротивляемость знакопеременным нагрузкам;
- стойкость против физико-химического воздействия грузов и окружающей среды.

Нормальный ряд ширины ленты в соответствии с ГОСТ 22644–77: 300; 400; 500; 650; 800; 1000; 1200; 1400; 1600; 2000; 2500; 3000 мм.

Исполнения конвейерных лент:

- прорезиненные:
 - резинотканевые (рис. 2.10);
 - резинотросовые (рис. 2.11);
- металлические (холоднокатаные и сетчатые);
- полимерные (в пищевой промышленности, в машиностроении).

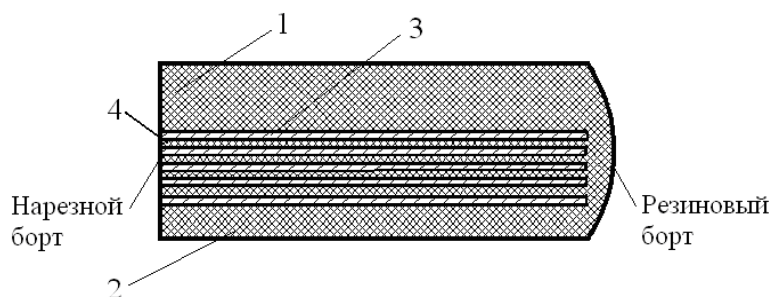


Рис. 2.10. Резинотканевая конвейерная лента:
1 – верхняя (рабочая) обкладка; 2 – нижняя (нерабочая) обкладка;
3 – тканевые прокладки; 4 – резиновый наполнитель

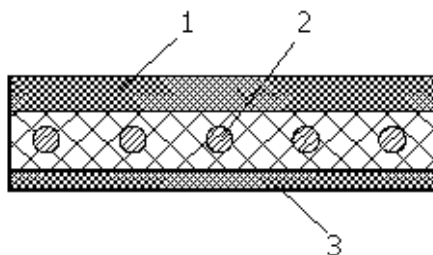


Рис. 2.11. Резинотросовая конвейерная лента:
1 – верхняя (рабочая) обкладка; 2 – стальные тросы;
3 – нижняя (нерабочая) обкладка

Лента состоит из тягового каркаса и резиновых (верхней и нижней) обкладок, защищающих каркас от механических повреждений и воздействия окружающей среды. Тяговый каркас воспринимает продольные растягивающие усилия и обеспечивает необходимую поперечную жесткость.

Тяговым каркасом резинотканевой ленты (рис. 2.10) являются несколько пропитанных резиной тканевых прокладок. Резинотросовые ленты (рис. 2.11) имеют тяговый каркас, состоящий из стальных тросов (уложенных в один ряд параллельно друг другу вдоль ленты), с обеих сторон покрытый резиной.

Сверху и снизу лента имеет рабочую и нерабочую обкладки из резины. Тканевые прокладки изготовлены из комбинированного (полиэфирного хлопчатобумажного) или синтетического волокна, состоящего из полиамидных

или полиэфирных нитей (ГОСТ 20–85) и обладающего высокой прочностью (хлопчатобумажные, бельтинговые и шнуровые прокладки). Ткани для тягового каркаса: синтетические или полиамидные: ТК-80 (80 Н/мм), ТК-100 (100 Н/мм), ТК-200 (200 Н/мм), ТК-300 (300 Н/мм); комбинированные (полиэфир/хлопок) БКНЛ 65 (55 Н/мм).

Специальная обработка ткани обеспечивает высокую прочность каркаса лент при расслоении. Количество прокладок может быть от 3 до 10 в зависимости от условий эксплуатации, свойств транспортируемого груза, ширины, прочности и жесткости ленты.

Между тканевыми прокладками находятся резиновые прослойки заполнителя, различные добавки которого придают ленте особые свойства. Резиновый наполнитель предохраняет ленту от воздействия влаги, механических повреждений и истирания перемещаемым грузом. В качестве наполнителя используют резиновые смеси с синтетическим каучуком или пластмассы.

Работоспособность ленты определяется разрывным усилием 1 мм ширины ленты.

Все типы лент выпускаются с плоскими поверхностями, наружными резиновыми обкладками, нарезными или резиновыми бортами [5, 6].

Типы выпускаемых резинотканевых лент:

с резиновыми обкладками рабочей и нерабочей поверхностей и резиновыми бортами: для очень тяжелых условий эксплуатации; для тяжелых условий эксплуатации;

с резиновыми обкладками рабочей и нерабочей поверхностей;

с резиновой обкладкой рабочей поверхности и нарезными бортами;

с резиновой обкладкой рабочей поверхности и резиновыми бортами.

По рецептуре наполнителя и назначению конвейерные ленты выполняются следующих исполнений:

Общего назначения ($t^{\circ}\text{C}$ окружающей среды от -45°C до $+60^{\circ}\text{C}$);

М – Морозостойкие ($t^{\circ}\text{C}$ окружающей среды от -60°C до $+60^{\circ}\text{C}$);

Т – Теплостойкие ($t^{\circ}\text{C}$ груза до $+100^{\circ}\text{C}$);

ПТ – Повышенной теплостойкости ($t^{\circ}\text{C}$ груза до $+200^{\circ}\text{C}$);

П – Пищевые (для транспортирования продуктов без упаковки);

Ш – Негорючие (пожаро- и взрывоопасное исполнение),

МС – Маслостойкие;

Магнитомягкие (свойство притягиваться к магниту);

Магнитотвердые (свойство намагничивания).

Примеры условного обозначения лент:

2М-1200-5-ТК-200-2-5-2-М-РБ-ГОСТ20-85

2М – тип ленты (морозостойкая);

1200 – ширина ленты (мм);

5 – количество тканевых прокладок;

ТК-200-2 – марка ткани прокладки тягового каркаса;

5 – толщина рабочей обкладки (мм);

2 – толщина нерабочей обкладки (мм);

М – класс морозостойкой резины;

РБ – резиновый борт

2Т1-1000-5-ТК-200-2-6-2-Т-1

2Т1 – тип ленты (теплостойкая);

1000 – ширина ленты (мм);

5 – количество тканевых прокладок;

ТК-200-2 – марка ткани прокладки тягового каркаса;

6 – толщина рабочей обкладки (мм);

2 – толщина нерабочей обкладки (мм);

Т-1 – тип резины обкладок

ШТС(ТГ)ПВР-1000-1ПВ-1200-3-2

ШТС(ТГ)ПВР – ленты трудносгораемые на основе цельнотканого каркаса, обработанного поливинилхлоридной композицией;

1000 – прочность (Н/мм);

1ПВ – тип ленты;

1200 – ширина ленты (мм);

3 – толщина рабочей обкладки (мм);

2 – толщина нерабочей обкладки (мм)

Конвейерные ленты поставляются в бухтах по 48 и 96 м.

Преимущества резинотканевой ленты: универсальность выполнения стыкового соединения; повышенная стойкость к продольным порывам; эластичность и высокая амортизационная способность при динамических нагрузках. Недостатки резинотканевой ленты: большое относительное удлинение (до 4%); увеличенные диаметры барабанов при большом числе прокладок.

Преимущества резинотросовой ленты: высокая прочность; малое относительное удлинение при рабочих нагрузках (до 0,25%); повышенный срок службы. Недостатки резинотросовой ленты: большая масса; сложность выполнения стыкового соединения; склонность к продольным порывам и перегибам в вертикальной плоскости.

В настоящее время находят широкое применение бесшовные резинотканевые ленты с гладкой и рифленой рабочей поверхностью, которые имеют абсолютно одинаковую толщину и прочность во всех частях ленты, исключительно прямолинейный пробег; улучшенную гибкость, которая позволяет использовать шкивы с меньшим диаметром. Бесшовные ленты выпускаются кольцами, длиной до 24 м, шириной до 2200 мм, прочность лент до 1250 Н/мм. Ленты серии WINPIPE применяются на конвейерных весах, магнитных сепараторах, ленточных питателях, дозаторах и другом оборудовании.

Ленты-сито (перфорированные ленты) используются для обезвоживания сыпучих материалов, для пескоструйных и дробеструйных установок; усилены поперечными ребрами жесткости; изготавливаются из резины и полихлорвинила в открытом и в закольцованном исполнении.

Необходимое количество прокладок ленты [2]

$$i \geq K S_{\max} / (S_{p1} B), \quad (2.1)$$

где K – коэффициент запаса прочности ленты;

S_{\max} – максимальное расчетное натяжение ленты, полученное тяговым расчетом, Н;

S_{p1} – прочность ткани прокладки, Н/мм ширины ленты;

B – ширина ленты, мм.

Коэффициент запаса прочности ленты

$$K = K_0 / (K_{\text{пр}} K_{\text{ст}} K_p K_T), \quad (2.2)$$

где K_0 – номинальный запас прочности (при расчете по нагрузкам при установившемся движении $K_0 = 7$, при поверочных расчетах $K_0 = 5$);

$K_{\text{пр}}$ – коэффициент неравномерности работы прокладок;

$K_{\text{ст}}$ – коэффициент прочности стыкового соединения концов ленты;

K_p – коэффициент режима работы конвейера;

K_T – коэффициент конфигурации трассы конвейера

Толщины наружных обкладок на верхней и нижней сторонах ленты (табл. 2.1) выбирают в зависимости от свойств и размеров кусков груза, режима работы конвейера и частоты прохождения ленты через пункт загрузки. Резину для обкладок выбирают в зависимости от характеристики транспортируемого груза.

Таблица 2.1

Зависимость толщины наружных обкладок от свойств груза

Свойства груза	Толщины обкладок	
	Верхней δ_1 , мм	Нижней δ_2 , мм
Малоабразивные насыпные	1	1
Среднеабразивные: мелкокусковые; среднекусковые	3–4,5	1
	4,5–8	2
Сильноабразивные среднекусковые и крупнокусковые	4,5–10	2–3
Штучные	2–3	1–2

Необходимая прочность тягового каркаса резинокросовой ленты

$$S_{\text{рт}} \geq S_{\max} K' / B, \quad (2.3)$$

где K' – расчетный коэффициент запаса прочности,

$$K' = K_0 / (K_{\text{ст}} K_p K_T). \quad (2.4)$$

Типоразмер ленты выбирают по характеристике транспортируемого груза и окружающей среды, прочности по расчетному натяжению и производительности.

Стыковку концов резиноканевой ленты выполняют следующими способами: вулканизация (горячая или холодная склейка под прессом) (рис. 2.12); шарнирами; заклепками внахлестку; сыромятными ремнями; специальными замками.

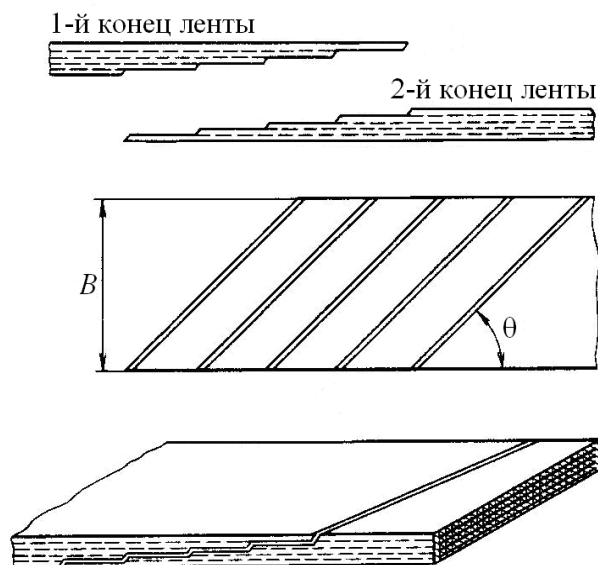


Рис. 2.12. Схема разделки концов резиноканевой ленты для вулканизации:
a – подготовленная лента, *б* – соединенная лента

Концы резиноканевой ленты соединяют только вулканизацией, при этом тросы одного конца ленты укладывают в свободные промежутки между тросами другого конца ленты (рис. 2.13).

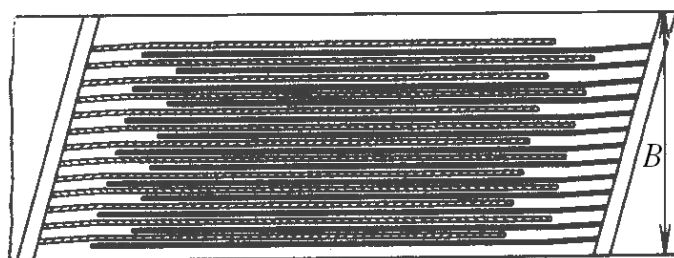


Рис. 2.13. Схема соединения концов резиноканевой ленты

Металлические конвейерные ленты выполняются сплошными стальными и проволочными (сетчатыми) [2].

Стальные ленты изготавливают из углеродистой стали 65Г и 85Г и из коррозионно-стойкой стали и разделяют на:

цельнокатанные шириной 400–1200 мм;

продольно-стыкованные, соединенные из нескольких отдельных узких лент сваркой.

Толщина стальных лент составляет 0,8–1,0 мм, прочность на разрыв 900 МПа. Стальную ленту из углеродистой стали применяют для транспортирования горячих грузов $t = 120\text{ °C}$ при неравномерном и до 500 °C при равномерном нагреве в печи. Конвейеры со стальной лентой применяют на предприятиях пищевой промышленности; при производстве бетонных плит, листов пластмассы, в моечных, сушильных и холодильных установках; гладкая поверхность стальной ленты позволяет транспортировать на ней липкие и горячие грузы; концы стальной ленты соединяют внахлестку заклепками или сваркой. Стальная лента на 30% легче и почти в 5 раз дешевле прорезиненной (при равной ширине и прочности).

Сетчатые (проволочные) ленты применяются для транспортирования штучных и кусковых грузов через закалочные, нагревательные, обжиговые и сушильные печи; для выпечки хлебных и кондитерских изделий; в моечных, обезвоживающих, охладительных, сортировочных установках; в камерах шоковой заморозки продуктов; при производстве стеклянных и керамических изделий.

Сетчатые ленты выполняются плоскими без бортов и с бортами высотой 90–100 мм, собираются из отдельных проволочных элементов (звеньев), обладают высокой прочностью, малым удлинением, равной прочностью, как в стыках, так и в любом другом сечении и могут огибать барабаны малого диаметра. Металлические конвейерные сетки находят широкое применение в современной промышленности, широкий диапазон температур от -60 °C до $+1200\text{ °C}$ и различные варианты конструкции позволяют использовать конвейерные сетки в тех условиях, когда другие материалы не работают.

Полимерные конвейерные ленты [5] имеют рельефную рабочую поверхность и предназначены для использования на наклонных транспортерах, так как имеют низкий коэффициент скольжения, основная область применения – конвейеры для упаковки, транспортирования грузов с неровной (необработанной) поверхностью и органических продуктов россыпью. Подбор материала ленты осуществляется в зависимости от области применения: полипропилен, полиэтилен, ацетат, нейлон.

Различные добавки в состав полимеров позволяют подобрать ленту, которая будет соответствовать требуемым условиям эксплуатации: устойчивость к высоким ($+150\text{ °C}$) или низким (-70 °C) температурам, влажности, абразивности или возможности порезов; устойчивость к минеральным маслам и жирам, химическая устойчивость, антистатичность.

Полимерные конвейерные ленты применяются в различных областях промышленности: пищевой, текстильной, деревообрабатывающей, аэрокосмической, нефтехимической, в машиностроении и др.

Преимуществами полимерных лент являются высокое качество, обеспечиваемое использованием высокотехнологичных материалов, которым

могут быть заданы нужные свойства; экологически чистое сырье; широкий температурный диапазон (от -73 до $+150$ °С); удобство и легкость очистки.

Модульные полимерные ленты являются достаточно перспективными и применяются для транспортирования конвейерами продуктов пищевой, легкой, деревообрабатывающей, текстильной промышленности, полиграфического производства, упаковки и в кондитерской промышленности [5].

Модульные ленты (рис. 2.14) выполняются из термопластичных пластмассовых модулей, которые соединены между собой прочными пластмассовыми стержнями, цельная конструкция из пластмассы обеспечивает долгий срок службы, кирпичное соединение создает возможность для сборки различной ширины и обеспечивает высокую боковую и диагональную прочность и жесткость.

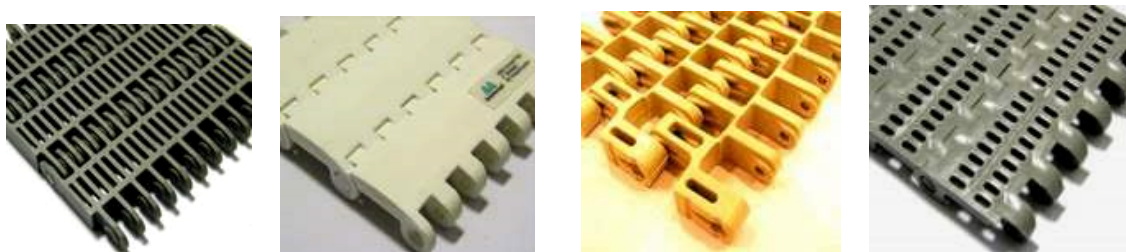


Рис. 2.14. Модульные полимерные ленты

При использовании модульных лент имеется возможность изменения длины ленты добавлением или удалением модулей при ее постепенном вытягивании, наращивании или сокращении длины самого конвейера.

Преимуществами модульных полимерных лент являются большое количество и разнообразие их типов; широкий диапазон рабочих температур (от -70°C до $+190^{\circ}\text{C}$); удобство монтажа и демонтажа; ремонтнопригодность; большой диапазон варьирования площади контакта продукта с лентой (от 10% до 90%); возможность обработки моющими горячими и активными растворами; допуск к контакту с пищевыми продуктами (нетоксичны); устойчивость к химическим веществам.

2.2 Ходовые опорные устройства

Опорными устройствами для лент (иногда для пластинчатого настила) являются стационарные ролики, обеспечивающие большой срок службы грузонесущего органа и малое сопротивление его движению.

Для опоры ленты используют роликоопоры или настил – сплошной (из дерева, стали, пластмассы) или комбинированный (чередование настила и роликоопор), наибольшее распространение имеют роликоопоры различных типов и конструкций.

Ролики изготавливают из металлической трубы, закрепленной с помощью подшипников на оси; в настоящее время широкое использование получили ролики, выполненные из керамики или высокопрочных полимерных материалов.

При транспортировании штучных грузов и пассажиров ленточные конвейеры снабжают опорами скольжения в виде неподвижного настила для обеспечения плавного движения ленты и предотвращения ее провеса под действием массы груза в промежутках между опорами. Ходовые катки служат опорными элементами пластинчатого настила скребков, ковшей, ступеней эскалаторов, несущих цепей, тележек подвесных, тележечных и грузоведущих напольных конвейеров. К опорным устройствам относятся также направляющие и подвесные пути, станины конвейеров.

В некоторых конструкциях скребковых конвейеров цепи снабжают ползунами, перемещающимися по неподвижным направляющим путям. Опорным элементом цепей конвейеров сплошного волочения является непосредственно днище желоба.

Опорные устройства должны обеспечивать малый коэффициент сопротивления движению; экономичность конструкции; высокую прочность и износостойкость; надежность; удобство обслуживания и ремонта [2].

2.3 Натяжные устройства

Натяжные устройства (рис. 2.15, 2.16) служат для обеспечения первоначального натяжения тягового элемента; ограничения провеса тягового элемента между опорными устройствами; компенсации вытяжки тягового элемента в процессе эксплуатации.

Натяжные устройства по способу действия и конструкции классифицируют на механические; пневматические; гидравлические; грузовые; грузолебедочные; лебедочные.

Преимущества механических натяжных устройств: простота конструкции; малые габаритные размеры; компактность. Недостатки механических натяжных устройств: переменное значение натяжения и возможность чрезмерного натяжения тягового элемента; жесткость крепления и отсутствие подвижности при случайных перегрузках; необходимость периодического наблюдения и подтягивания.

Пневматические и гидравлические натяжные устройства имеют малые габаритные размеры, но требуют установки специального оборудования для подачи под постоянным давлением воздуха или масла.

Преимущества грузового натяжного устройства: приводится под действием свободно висящего груза; автоматически обеспечивает постоянное усилие натяжения; компенсирует изменения длины тягового элемента; уменьшает пиковые нагрузки при перегрузках.

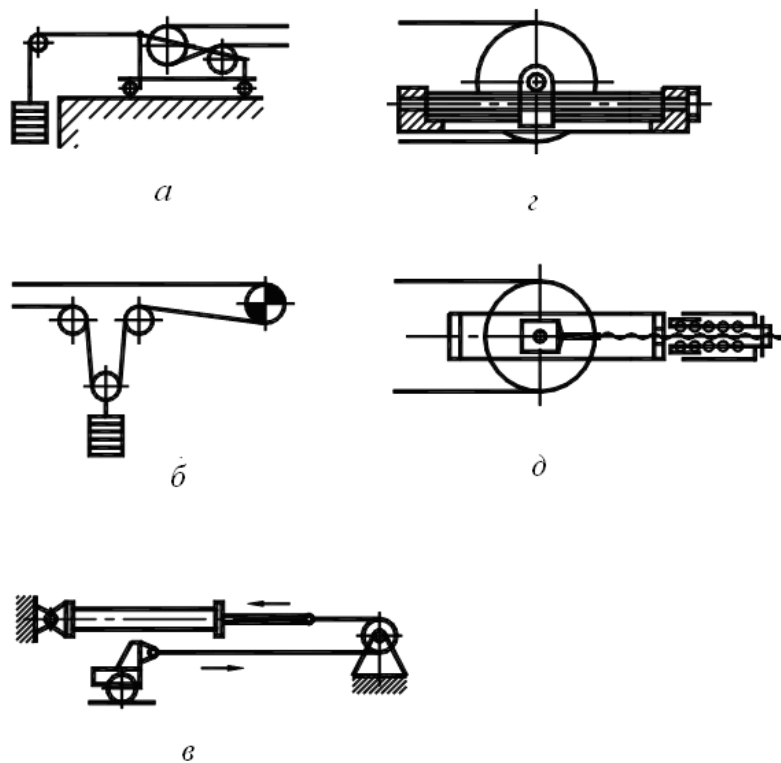


Рис. 2.15. Натяжные устройства:
a – хвостовое грузовое; *б* – промежуточное грузовое; *в* – гидравлическое;
г – винтовое; *д* – пружинно-винтовое

Недостатки грузового натяжного устройства: большие габаритные размеры; большая масса груза для мощных и длинных ленточных конвейеров.

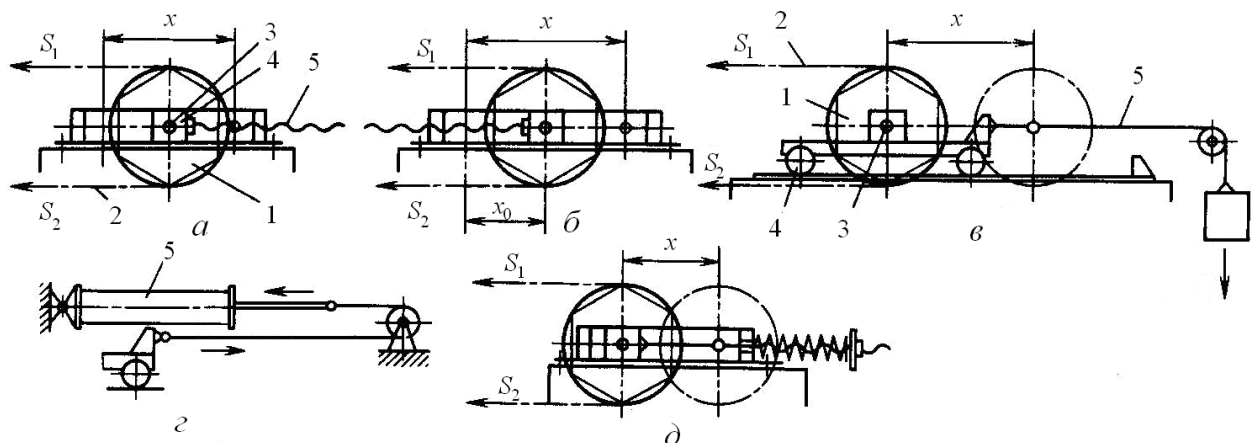


Рис. 2.16. Схемы натяжных устройств:
a, б – винтовые; *в* – тележечное грузовое; *г* – пневматическое (гидравлическое);
д – пружинно-винтовое; 1 – поворотное устройство; 2 – тяговый элемент;
 3 – ось поворотного устройства; 4 – ползуны; 5 – натяжной механизм

Для снижения массы груза применяют рычаги, полиспасты, приводные лебедки. Ход натяжного устройства выбирается в зависимости от длины и

конфигурации трассы и типа тягового элемента, ход натяжного устройства должен обеспечивать компенсацию удлинения тягового элемента и выполнение монтажных работ [2].

$$X = x_p + x_0, \quad (2.5)$$

где x_p – рабочий ход;

x_0 – монтажный ход.

Рабочий ход НУ для ленточных конвейеров

$$x_p \geq K_n K_s \varepsilon_y L, \quad (2.6)$$

где K_n – коэффициент, зависящий от угла наклона конвейера β ;

K_s – коэффициент использования ленты по натяжению (при классах использования Ц1; Ц2; Ц3 значение K_s соответственно равно 0,63; 0,8; 1,0);

ε_y – относительное упругое удлинение ленты (для резинотканевых лент $\varepsilon_y = 0,015$, для резинотросовых лент $\varepsilon_y = 0,0025$);

L – длина конвейера между центрами концевых барабанов, м.

Натяжное устройство обычно устанавливается на одном из поворотных устройств (барабане, блоке, звездочке), расположенном на участке малого натяжения тягового элемента. Натяжное усилие

$$P_n = S_1 + S_2 + T, \quad (2.7)$$

где S_1 – натяжение набегающей ветви конвейера, Н;

S_2 – натяжение сбегающей ветви конвейера, Н;

T – усилие перемещения ползунов или натяжной тележки, Н.

Наибольшее натяжение должно быть в период пуска конвейера, при установившемся режиме оно должно автоматически уменьшаться (лебедочные и грузолебедочные натяжные устройства с автоматическим управлением, с датчиком контроля натяжения). На грузовых натяжных устройствах в крайних положениях натяжной тележки устанавливают конечные выключатели.

2.4 Приводы конвейеров

Приводной механизм служит для приведения в движение тягового и грузонесущего элементов конвейера.

По способу передачи тягового усилия различают приводы: с передачей усилия зацеплением; фрикционные: однобарабанные (одноблочные), двух-, трехбарабанные и специальные промежуточные.

Приводы с передачей тягового усилия зацеплением (рис. 2.17):

угловые со звездочкой или кулачковым блоком устанавливаются на повороте трассы на 90 или 180°;

прямолинейные (гусеничные) с приводной цепью и кулаками (устанавливаются на прямолинейном участке).

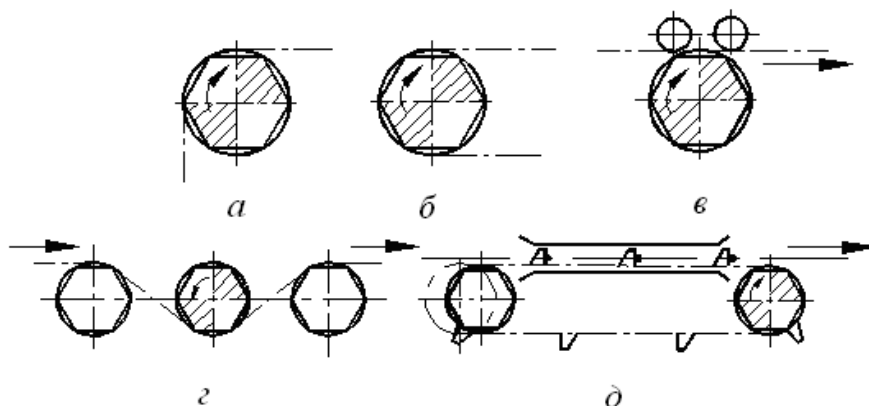


Рис. 2.17. Схемы приводов с передачей тягового усилия зацеплением:
a, б, в – угловые со звездочкой (поворот на 90° и 180°);
г – на отклонении цепи; *д* – прямолинейный гусеничный

Преимущества гусеничного привода: меньший диаметр приводной звездочки (по сравнению с угловым); меньший крутящий момент и размеры механизмов; возможность установки на любом горизонтальном участке трассы конвейера. Недостатки гусеничного привода: сложность устройства; высокая стоимость. В конвейерах используются гусеничные приводы с плоскими электромагнитами и фрикционные прямолинейные приводы.

По числу приводов конвейеры бывают одноприводные и многоприводные (рис. 2.18). У многоприводных конвейеров размещают до 12 промежуточных приводных механизмов с отдельными электродвигателями. Использование промежуточных приводов позволяет уменьшить натяжение тягового элемента.

От расположения привода зависит натяжение тягового элемента на разных участках контура трассы, поэтому привод необходимо располагать так, чтобы уменьшить наибольшее натяжение тягового элемента.

Применение нескольких приводов позволяет снизить максимальное натяжение гибкого тягового элемента, т. е. использовать гибкий тяговый элемент меньшей прочности; многоприводные конвейеры могут иметь большую длину при правильно выбранной системе приводов.

При определении рационального места установки привода на трассе конвейера основным фактором является достижение минимального натяжения тягового элемента и снижение натяжения на поворотных и криволинейных участках, поэтому рациональной является установка привода в пунктах поворота контура трассы [2].

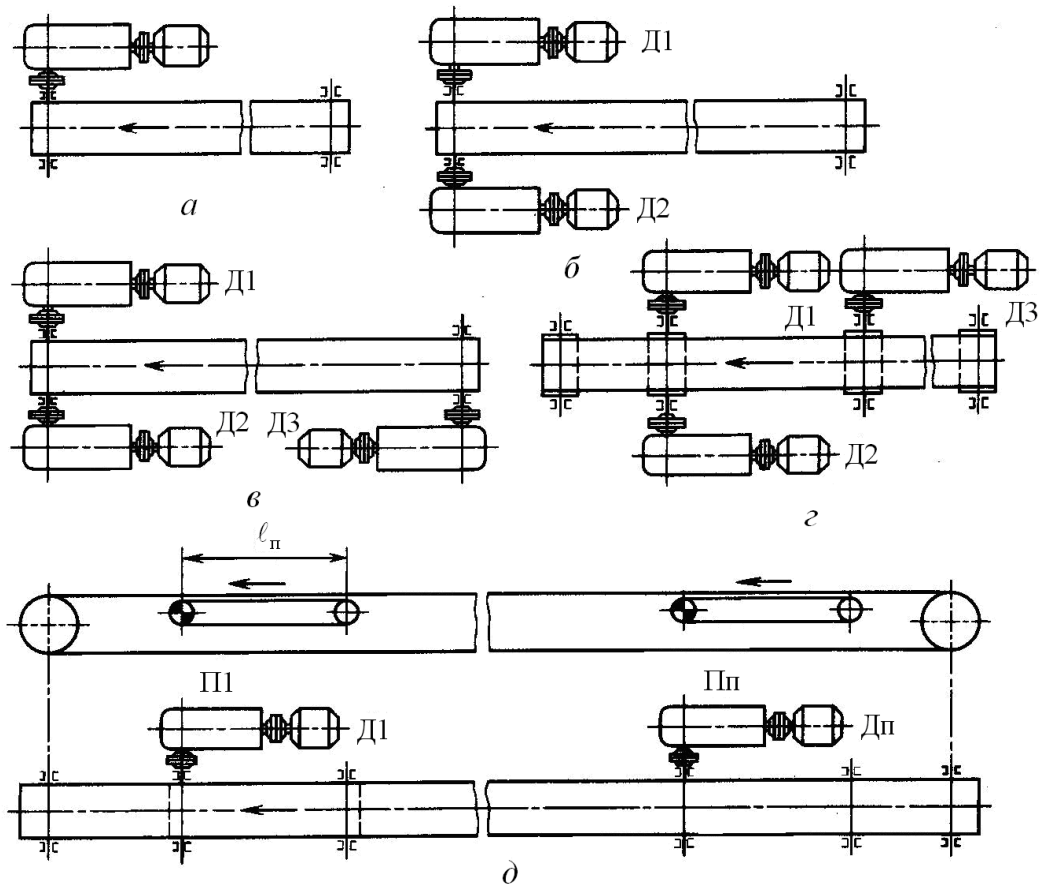


Рис. 2.18. Схемы расположения приводов:
а – с одним двигателем; *б* – с двумя двигателями; *в*, *г* – с тремя двигателями;
д – многоприводного с промежуточными приводами

Если конвейер состоит из одного участка (горизонтального или наклонного), то привод располагается в головной части, т.е. в конце грузовой ветви (рис. 2.19).

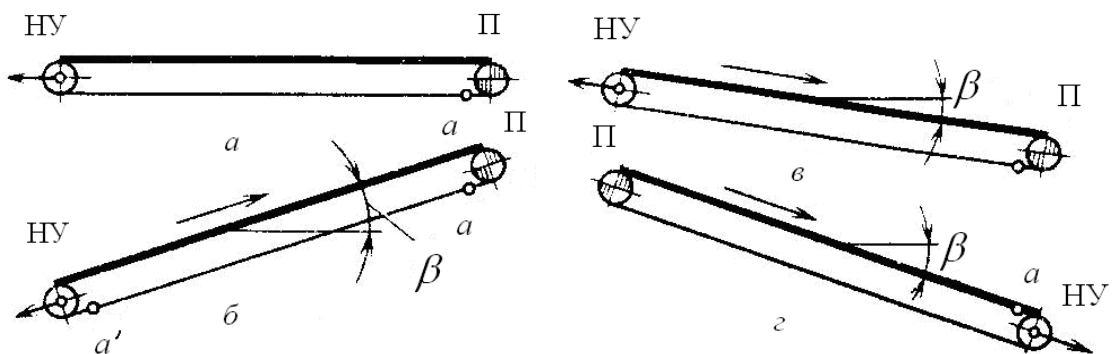


Рис. 2.19. Расположение привода в головной части конвейера
(*а* – точка минимального натяжения):
а, *б* – на горизонтальном конвейере; *в*, *г* – на наклонном конвейере

При движении груза вниз при небольшом угле наклона сопротивление движению на грузовой ветви больше, чем на обратной – привод в головной части конвейера, при движении груза вниз при значительном угле наклона сопротивление движению на грузовой ветви меньше, чем на обратной – привод в хвостовой части конвейера (рис. 2.19, з).

Для того, чтобы сохранить требуемое натяжение тягового элемента на длинных ленточных конвейерах, натяжное устройство устанавливают ближе к приводу (рис. 2.20).

Оптимальное количество приводов на конвейере определяется технико-экономическим расчетом, при проектировании и выборе оптимального числа приводов целесообразным является использование меньшего числа приводов повышенной мощности. Использование прямолинейных промежуточных приводов в цепных конвейерах со сложной конфигурацией трассы позволяет обеспечить наиболее оптимальное их расположение на всем протяжении контура трассы.



Рис. 2.20. Схема расположения привода и натяжного устройства на конвейере с увеличенной длиной трассы

Для быстрой остановки конвейера и предотвращения его обратного движения под действием силы тяжести груза в наклонных конвейерах на входном валу редуктора устанавливают тормоз. Для предупреждения обратного движения грузонесущего элемента под действием силы тяжести груза в случае нарушения кинематической связи между тормозным валом и приводным элементом конвейера устанавливают храповые остановы.

Для предохранения цепных конвейеров от обрыва цепи и поломок приводного механизма из-за внезапных перегрузок (заклинивание цепи, попадание посторонних предметов) применяют муфты предельного момента, а также ловители – устройства для автоматической остановки цепи при случайном ее обрыве.

Мощность на приводном валу

$$N_B = P_B v, \quad (2.8)$$

где P_B – тяговое усилие на валу приводного барабана (звездочки):

$$P_B = P_0 + W_{из} + W_{оч} + W_{п}, \quad (2.9)$$

где P_0 – тяговое усилие без учета потерь на приводном барабане (звездочке);
 $W_{из}$ – потери от перегиба тягового элемента;
 $W_{оч}$ – сопротивление очистительных устройств;
 $W_{п}$ – сопротивление подшипников вала.
Установочная мощность приводного двигателя:

$$N = k_3 NB / \eta. \quad (2.10)$$

По рассчитанной установочной мощности выбирают электродвигатель по каталогу. По выбранному двигателю подбирается редуктор в соответствии с расчетным передаточным числом.

Поддерживающая металлоконструкция зависит от конструкции конвейера, изготавливается из прокатной профильной стали секциями длиной 3-6 м. Привод и натяжное устройство имеют самостоятельные сварные конструкции. Поддерживающая металлоконструкция должна быть прочной, жесткой, легкой, удобной для монтажа и обслуживания.

Контрольные вопросы

1. Типы и назначение тяговых элементов конвейеров.
2. Типы тяговых цепей, используемых в конвейерах, их сравнительная характеристика, достоинства и недостатки.
3. Основные параметры тяговых цепей, определение запаса прочности тяговой цепи.
4. Типы и классификация конвейерных лент.
5. Устройство и конструктивные особенности конвейерных лент, их достоинства и недостатки.
6. Способы стыковки прорезиненных конвейерных лент.
7. Устройство и назначение опорных поддерживающих устройств.
8. Назначение, конструкции и типы натяжных устройств.
9. Обоснование выбора типа и места расположения натяжного устройства на трассе конвейера.
10. Классификация, устройство, типы приводов конвейеров.
11. От чего зависит место расположения привода на трассе конвейера?
12. Определение мощности привода.

ЛЕКЦИЯ 3. ЛЕНТОЧНЫЕ КОНВЕЙЕРЫ

План лекции

- 3.1 Ленточные конвейеры общего назначения с прорезиненной лентой
 - 3.1.1 Общее устройство, типы и области применения
 - 3.1.2 Элементы конвейеров
 - 3.1.3 Расчет конвейеров
 - 3.1.4 Монтаж ленточных конвейеров
 - 3.1.5 Техническое обслуживание механизмов и деталей конвейеров
 - 3.2 Ленточные конвейеры специальных типов с прорезиненной лентой
 - 3.3 Ленточные конвейеры с металлическими лентами
- Контрольные вопросы

3.1 Ленточные конвейеры общего назначения с прорезиненной лентой

3.1.1 Общее устройство, типы и области применения

Ленточные конвейеры являются наиболее распространенным средством непрерывного транспорта благодаря высокой производительности, большой длине транспортирования, высокой надежности, простоте конструкции и эксплуатации. Ленточные конвейеры широко используются для перемещения насыпных и штучных грузов во всех отраслях промышленности и сельского хозяйства, при добыче полезных ископаемых, в металлургическом производстве, на складах и в портах в качестве элементов погрузочных и перегрузочных устройств и технологических машин. Ленточные конвейеры обеспечивают высокую производительность (до 30000 т/ч) независимо от длины установки со скоростью транспортирования до 6,3 м/с.

Ленточными конвейерами (рис. 3.1) являются машины непрерывного действия, основным элементом которых является прорезиненная вертикально замкнутая лента, огибающая концевые барабаны, один из которых, как правило, является приводным, другой – натяжным.

На верхней ветви ленты перемещается транспортируемый груз, она является грузонесущей (рабочей), нижняя ветвь является холостой (нерабочей). На всем протяжении трассы лента поддерживается роlikоопорами верхней и нижней ветвей, в зависимости от конструкции которых лента имеет плоскую или желобчатую форму.

Поступательное движение конвейера получает от фрикционного привода, необходимое первоначальное натяжение ленты обеспечивается натяжным устройством. Груз поступает на ленту через одно или несколько загрузочных устройств, разгрузка производится с концевых барабанов в приемный бункер (концевая) или в любом пункте вдоль трассы конвейера с помощью барабанных или плужковых разгрузителей (промежуточная). Очистка ленты от прилипших частиц груза осуществляется с помощью очистных устройств.

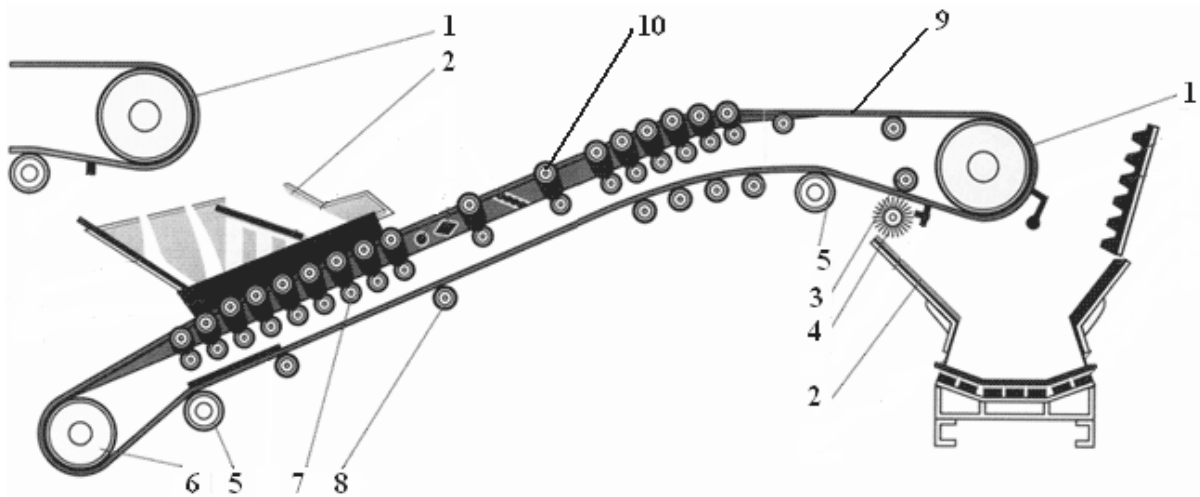


Рис.3.1. Схема ленточного конвейера:

1 – приводной барабан; 2 –загрузочный лоток; 3 – прижимной ролик; 4 – очистное устройство; 5 – отклоняющий барабан; 6 – концевой барабан; 7 – амортизирующие роlikоопоры; 8 – нижние роlikоопоры; 9 – лента; 10 – верхние роlikоопоры

Для обеспечения устойчивого положения груза на ленте угол наклона конвейера должен быть на $10\text{--}15^\circ$ меньше угла трения груза о ленту в покое, т. к. во время движения лента на роlikоопорах встряхивается и груз сползает вниз. На конвейерах, имеющих наклонный участок, обязательно устанавливается тормоз.

Преимуществами ленточных конвейеров являются: простота конструкции, высокая производительность при больших скоростях ленты, сложные трассы перемещения, большая протяженность трассы, высокая надежность.

К недостаткам относятся: высокая стоимость ленты и роlikов, ограничение перемещения при углах наклона трассы $> 18\text{--}20^\circ$, ограниченное использование при транспортировании пылевидных, горячих и тяжелых штучных грузов.

По конструкции и назначению ленточные конвейеры выполняются общего назначения ГОСТ 22644–77 и специальные (для различных отраслей промышленности).

По типу ленты ленточные конвейеры: с прорезиненной лентой; со стальной цельнопрокатной лентой; с проволочной лентой. Наибольшее распространение получили конвейеры с прорезиненной лентой.

По расположению на местности ленточные конвейеры выполняются стационарными и подвижными; передвижными и переносными; переставными (для открытых разработок); надводными, плавающими на понтонах.

По профилю трассы ленточные конвейеры (рис. 3.2): горизонтальные; наклонные; комбинированные: наклонно-горизонтальные и горизонтально-наклонные с одним или несколькими перегибами и со сложной трассой.

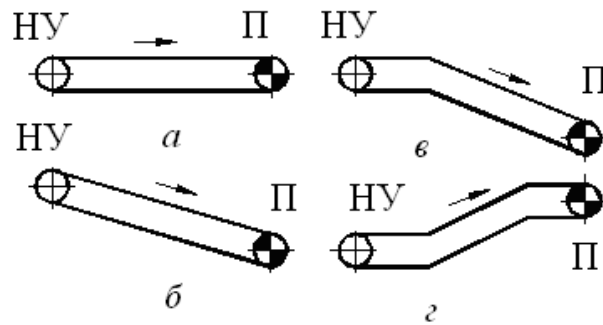


Рис. 3.2. Схемы трасс ленточных конвейеров:
а – горизонтальная; *б* – наклонная; *в* – горизонтально-наклонная; *г* – сложная

Кроме перечисленных признаков конвейеры можно классифицировать по конструктивному исполнению отдельных узлов.

3.1.2 Элементы конвейеров

Конвейерная лента. Грузонесущим и тяговым элементом ленточного конвейера является бесконечная вертикально замкнутая гибкая прорезиненная лента (разд. 2.1.2), это самый дорогой и самый недолговечный элемент конвейера.

Типоразмер ленты выбирают по характеристике транспортируемого груза и окружающей среды, прочности по расчетному натяжению и производительности.

Опорные устройства. Для опоры ленты устанавливают роlikоопоры или настил – сплошной (из дерева, стали, пластмассы) или комбинированный (чередование настила и роlikоопор). Наибольшее распространение имеют роlikоопоры различных типов и конструкций.

К роlikоопорам предъявляются следующие требования: удобство при установке и эксплуатации; малая стоимость; долговечность; малое сопротивление вращению; обеспечение необходимой устойчивости и желобчатости ленты во время движения.

По расположению на конвейере роlikоопоры классифицируют на верхние: прямые – для плоской формы ленты при транспортировании штучных грузов; желобчатые – для желобчатой формы ленты (для сыпучих грузов) на двух, трех и пяти роliках; нижние: прямые однороlikовые (рис. 3.3, *а*) (сплошные цилиндрические и дисковые); двухроlikовые желобчатые (угол наклона боковых роliков $\alpha_{ж} = 10^\circ$).

Угол наклона боковых роliков $\alpha_{ж}$ (угол желобчатости ленты) в двухроlikовой опоре обычно выбирается равным 15 или 20° , в трехроlikовой опоре угол $\alpha_{ж}$ равен 20° и 30° для всех грузов и любой ширины ленты; для легких грузов и при ширине ленты 400 – 800 мм допускается увеличение угла желобчатости $\alpha_{ж}$ до 45 – 60° , что позволяет увеличить площадь поперечного сечения

ленты (емкость ленты) и производительность конвейера на 15 % при той же ширине ленты, а также улучшить ее центрирование [2].

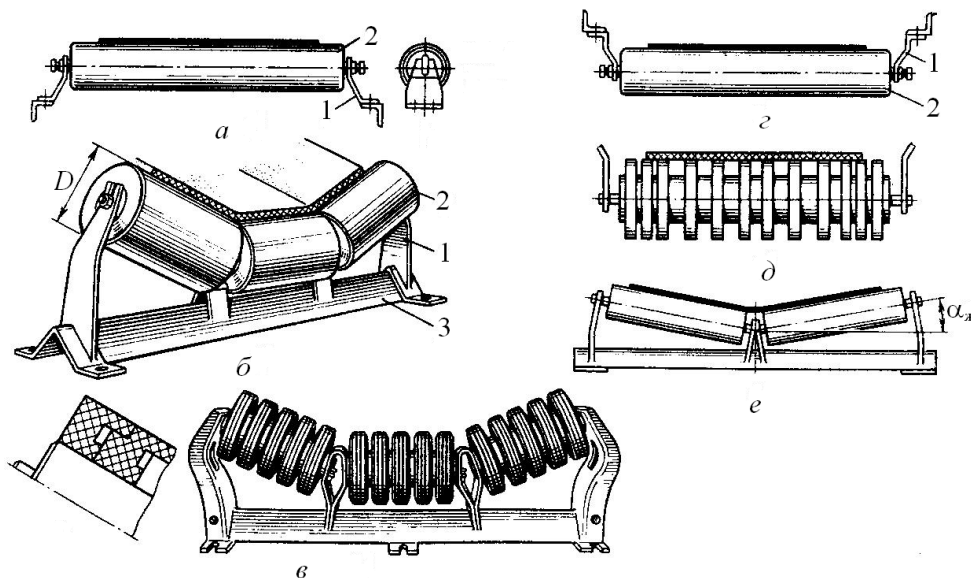


Рис. 3.3. Роликоопоры ленточного конвейера:
а, б, в – для верхней ветви: прямая, рядовая желобчатая, амортизирующая;
г, д, е – для нижней ветви: прямая, дисковая очистная, желобчатая

По назначению роликоопоры классифицируют на рядовые (линейные) для поддержания ленты и придания ей необходимой формы; специальные: амортизирующие – для снижения динамических нагрузок в местах загрузки; подвесные – гирляндного типа; центрирующие – для предотвращения сбегания ленты в сторону во время движения и регулирования ее положения относительно продольной оси; очистительные (для очистки ленты), переходные (для изменения желобчатости ленты).

В трехроликовой опоре все ролики располагают в одной плоскости или средний ролик выдвигают вперед (шахматное расположение роликоопор) для более равномерного положения ленты и обеспечения удобства техобслуживания.

В зоне загрузки устанавливают амортизирующие опоры (рис. 3.3, *в*), у которых на корпусе ролика закреплены резиновые шайбы. При транспортировании сильноабразивных или налипающих грузов поверхности корпусов роликов футеруют резиной.

Наиболее податливыми (амортизирующими) являются гирляндные роликоопоры (рис. 3.4), подвешенные на гибкой подвеске.

Конструктивными отличиями гирляндных роликоопор являются:

пониженная металлоемкость (меньший вес), что имеет большое значение в условиях шахт, при ручном монтаже роликоопор;

повышенная надежность уплотнения подшипникового узла, увеличивающая срок службы роликов;

канатная (гибкая) подвеска, обеспечивающая возможность центрирования ленты, снижения ударной нагрузки промежуточных опор в подвесном варианте;

снижение динамических нагрузок;

простота крепления и удобство при монтажных и демонтажных работах.

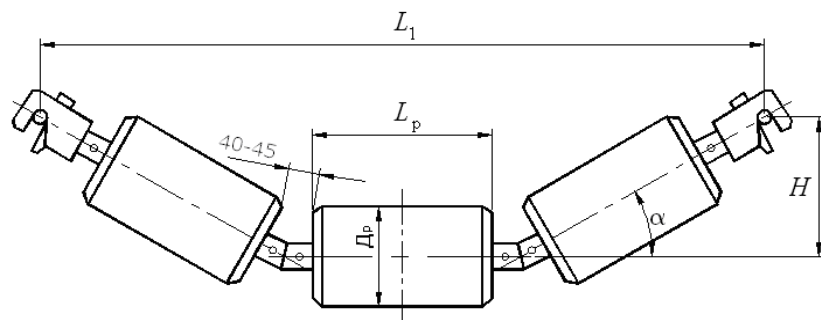


Рис. 3.4. Конструктивная схема подвесной роликоопоры гирляндного типа

К преимуществам гирляндных роликоопор относятся небольшая масса; высокая амортизирующая способность; простота крепления к станине конвейера; удобство монтажа и демонтажа. Недостатками гирляндных роликоопор являются продольные колебания при движении ленты; повышенный износ поверхности ленты; увеличение сопротивления движению ленты; низкий срок эксплуатации креплений.

Для автоматического выравнивания хода ленты используют центрирующие роликоопоры (рис. 3.5), которые состоят из обычной трехроликовой опоры, установленной на раме и имеющей некоторый поворот вокруг вертикальной оси.

К поворотной раме с обеих сторон прикреплены рычаги, на концах которых установлены ролики; во время движения при смещении в сторону лента своей кромкой упирается в ролик и поворачивает раму с роликоопорой на некоторый угол по отношению к продольной оси конвейера; после возвращения ленты в центральное положение роликоопора движением самой ленты автоматически устанавливается в нормальное положение.

Центрирующие роликоопоры (ЦР) (рис. 3.6) устанавливают через 20–25 м или серию ЦР через 0,5–1 м, связанных между собой шарнирной планкой для увеличения центрирующего воздействия на ленту. Расстояние между роликоопорами верхней ветви выбирается в зависимости от характеристики транспортируемого груза, расстояние между роликоопорами нижней ветви принимают в 2–2,5 раза большим, чем на верхней ветви, но не более 3,5 м. В зоне загрузки устанавливают от 3 до 5 амортизирующих роликоопор на расстоянии $l_{p.v.} \approx 0,4–0,5$ м одна от другой.

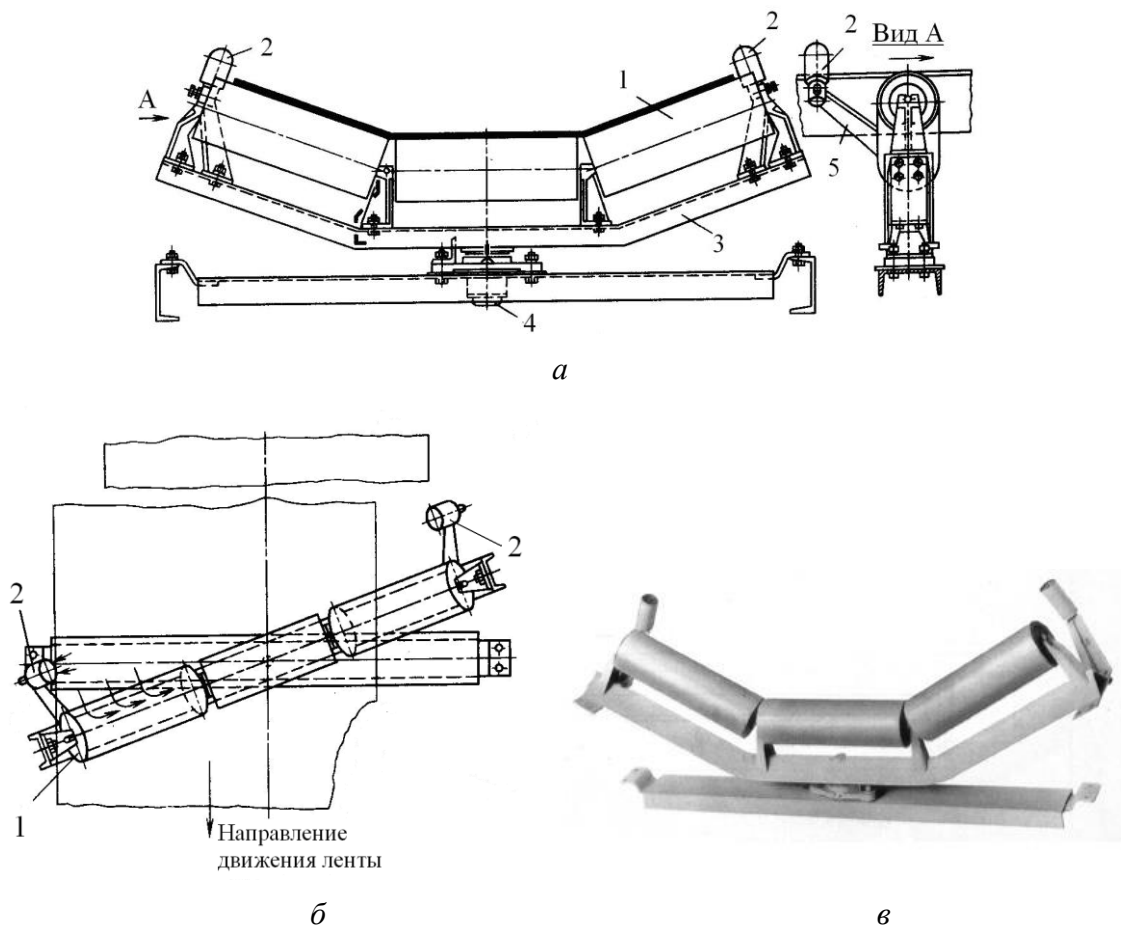


Рис. 3.5. Центрирующая роlikоопора верхней ветви ленты:
a – конструктивная схема; *б* – схема поворота при сдвиге ленты в сторону для
 нереверсивного конвейера; *в* – конструктивное исполнение;
 1 – трехроlikовая опора; 2 – роlikи; 3 – рама; 4 – шарнир; 5 – рычаги

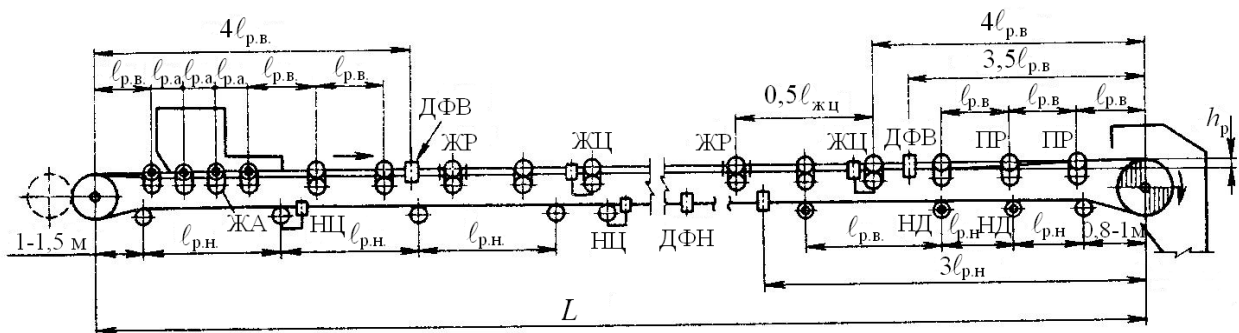


Рис. 3.6. Схема расстановки роlikоопор:
 ЖА – желобчатые амортизирующие; ЖР – желобчатые регулирующие; ЖЦ – желобчатые
 центрирующие; ПР – переходные; НЦ – нижние центрирующие; НД – нижние дисковые;
 ДФВ и ДФН – дефлекторные верхние и нижние

При переходе с желобчатого профиля ленты на прямой устанавливают 2–3 выполаживающие роlikоопоры с меньшим углом наклона боковых роликов.

На криволинейных участках рабочей ветви выпуклостью вверх устанавливаются роlikовые батареи на расстоянии $l_{р.б.} = 0,5 l_{р.в.}$.

Роlikоопоры относятся к наиболее массовым элементам ленточных конвейеров. В процессе эксплуатации техническое обслуживание роlikоопор предусматривает их периодический осмотр, регулировку и замену, роlikи обеспечивают запасом смазки на весь срок эксплуатации.

Ролик (рис. 3.7) состоит из обечайки, изготовленной из отрезка трубы; вкладыша, штампованного из стали или литого из чугуна; оси (или полуоси); подшипника качения (шарикового, а для тяжелых типов – конического роlikоподшипника) и его защитного уплотнения. С внутренней стороны подшипник защищен шайбой, канавками во вкладыше или внутренней трубой, которая полностью изолирует его от полости корпуса ролика и служит резервуаром для запаса смазки. Для защиты подшипника с внешней стороны от попадания пыли применяют сложные лабиринтные уплотнения.

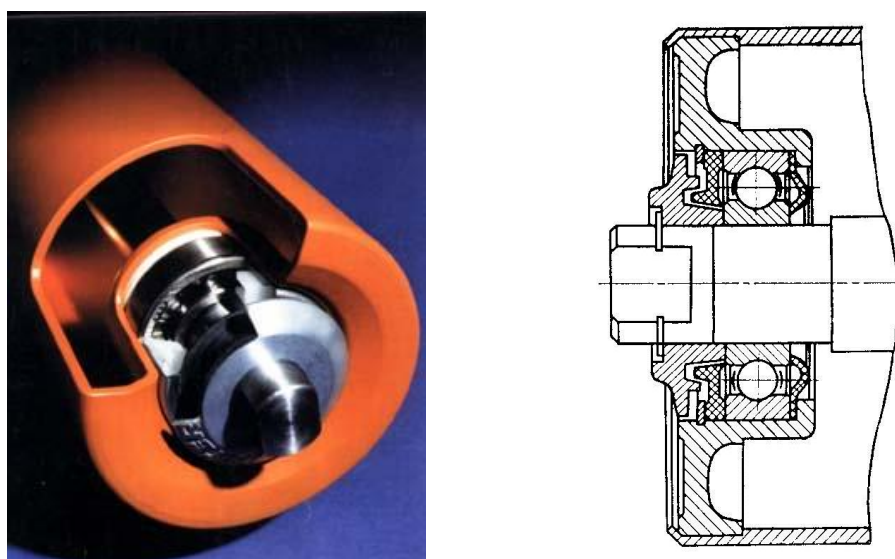


Рис. 3.7. Подшипниковый узел ролика

Долговечность работы ролика зависит не только от силовых нагрузок и частоты его вращения, но и от конструктивного расположения и способа соединения его элементов: соосности поверхностей оси под подшипники и посадочных мест в обечайке под стаканы, соосности внешней поверхности стаканов и расточек под наружные кольца подшипника, качества уплотнения и смазки. Уплотнение является одним из важнейших элементов ролика, так как определяет долговечность подшипника. От конструкции уплотнения зависит безремонтный период эксплуатации ролика [5].

В уплотнениях большинства конструкций роликов основной частью является лабиринт, подшипники роликов тщательно уплотняются с наружной и внутренней стороны. Современные конструктивные исполнения подшипниковых узлов роликов являются достаточно надежными, обеспечивая запас смазки на весь срок эксплуатации ролика.

Несмотря на многообразие конструктивных разновидностей роликов, можно выделить два принципиально различных типа: ролики со сквозной осью (рис. 3.8) и встроенными подшипниками и ролики моноблочные с выносными подшипниками на полуосях.

Ролики обладают надежной конструкцией с автономным внутренним объемом, не зависящим от условий внешней среды и места эксплуатации.

Соединение обечайки ролика и корпуса подшипникового узла применяется как в сварном (рис. 3.9, б) так и в вальцованном (рис. 3.9, а) исполнении.

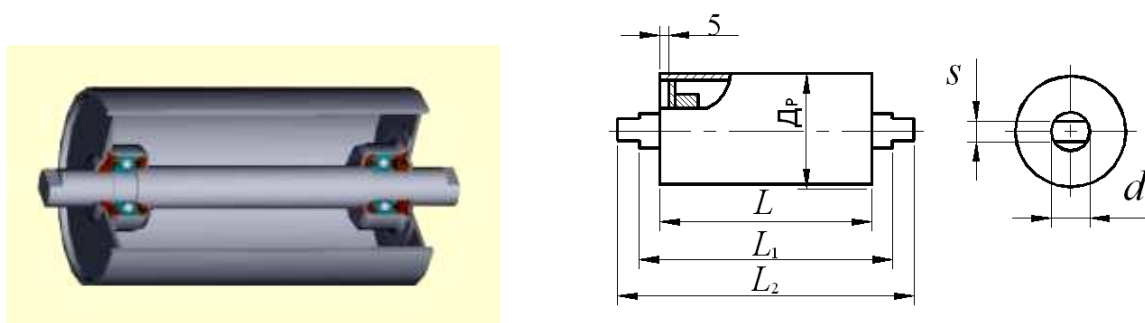


Рис. 3.8. Конструкция ролика со сквозной осью

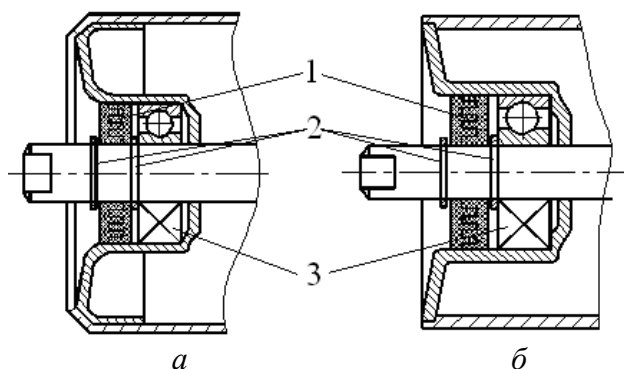


Рис. 3.9. Конструктивное исполнение роликов с лабиринтным уплотнением:
1 – лабиринт; 2 – стопорное кольцо; 3 – подшипник

Соединение образует неразборную и защищенную от проворота, влагонепроницаемую конструкцию. Материал трубы обечайки – электросварные прямошовные трубы с толщиной стенки не менее 3 мм; допустимые отклонения в трубе по соосности, цилиндричности, некруглости – в пределах не более чем по ГОСТ 10704–91. Радиальное биение обечайки по наружному диаметру $\pm 0,8 \%$ от диаметра обечайки. Радиальное биение может быть уменьшено до 0,6 мм при длине ролика до 600 мм и до 0,8 мм при длине ролика до 1400 мм путем механической обработки по наружному диаметру [5].

Корпус подшипникового узла, штампованный из стального листа, по сравнению с литым корпусом имеет меньший вес, что значительно снижает момент сопротивления вращению и благоприятно влияет на работу конвейера. Подшипниковый узел состоит: из радиального шарикоподшипника 3 (рис. 3.9) по ГОСТ 8338–75 или по ГОСТ 7242–81; двух стопорных колец 2 по ГОСТ 13942–86; наружного трехканального лабиринта 1, изготовленного из полиэтилена и полипропилена, температурные границы использования которого от – 35 до 50 °С.

Ролики холостой ветви имеют эксплуатационный ресурс 90 % подшипниковых узлов не менее 3 лет, а при пополнении смазки – до 5 лет. При транспортировании абразивных и липких материалов на конвейерах применяют очистительные и дисковые ролики. На некоторых конвейерных линиях большой протяженности число роликов достигает нескольких десятков тысяч. Ролики обновляются за время эксплуатации конвейера от 2 до 5 раз. Ежегодная общая потребность эксплуатирующих предприятий в роликах удовлетворяется всего на 30 %.

Конвейерные ролики, наряду с лентой, имеют наименьший ресурс и требуют наибольших затрат труда и денежных средств на замену, ремонт и обслуживание (30–40 % и более эксплуатационных затрат), а общая их стоимость составляет 25–30 % от стоимости конвейера.

Ресурс конвейерных роликов в узлах загрузки составляет от 0,5 до 1,0 года, а по ставу конвейера – от 0,7 до 2,5 лет (в среднем 1,7 года). Расчетный срок службы среднего, наиболее нагруженного ролика, при ширине ленты 1800–2000 мм принимается равным 45 тыс. ч при загруженности подшипникового узла не более 60–80 % от номинальной [5].

В результате обработки статистических данных, систематизации и анализа повреждений элементов конвейеров в процессе эксплуатации выявлено, что частые простои конвейеров связаны с выходом из строя конвейерных роликов. Отказы распределяются следующим образом: посадочные места под подшипники качения на оси роликов, рабочие поверхности барабанов и роликов подвергаются механическому и абразивно-механическому износу, в результате чего происходит изменение их начальных размеров, искажение геометрических форм, появление рисок и задиров.

Чаще всего выход из строя конвейерных роликов (табл. 3.1) происходит из-за засорения подшипникового узла абразивными частицами транспортируемого груза или чрезмерного повышения температуры на внутренней поверхности ролика.

Засорение подшипникового узла увеличивает коэффициент сопротивления движению, препятствует вращению ролика, ведет к истиранию тела ролика, преждевременному износу ленты и увеличению энергоемкости процесса транспортирования [5].

Конвейер с невращающимися роликами эксплуатировать нельзя, так как происходит их износ на полную толщину стенки трубы, интенсивное ис-

тирание обкладки ленты, повышается температура на контакте, существенно увеличивается сопротивление движению ленты (до 10 раз), крутящий момент на выходном валу двигателя, следовательно, повышается энергоемкость процесса транспортирования.

Таблица 3.1

Распределение отказов в работе роликов по причинам их возникновения

Причины выхода из строя роликов	Частота выхода из строя, %	
	верхней ветви	нижней ветви
Засорение подшипников и их стопорение	38	12
Отсутствие или недостаток смазки подшипников	37	36
Слабая посадка подшипника в корпусе	12	10
Слабая посадка подшипника на оси	3	3
Равномерное истирание обечайки по окружности	2	30

Таким образом, надежность подшипникового узла является одним из определяющих критериев при выборе конструкции роликов.

Приводы ленточных конвейеров. В ленточном конвейере движущая сила ленте передается с помощью фрикционной передачи (трением) при огибании ею приводного барабана или при контакте приводной ленты с грузонесущей.

Основными элементами привода ленточного конвейера являются один или два (реже три) приводных барабана и приводные блоки, состоящие из электродвигателя, редуктора, соединительных муфт и тормоза, обводные барабаны, пусковая и регулирующая аппаратура.

Приводы ленточного конвейера выполняются однобарабанными с одним или двумя двигателями (рис. 3.10);

двухбарабанными с близко расположенными друг около друга приводными барабанами (рис. 3.11, а, 3.12) и с отдельным расположением приводных барабанов на переднем и заднем концах конвейера (рис. 3.12, 3.13);

трехбарабанными с близко расположенными друг около друга барабанами (рис. 3.11, б) или с отдельным расположением двух приводных барабанов на переднем и заднем концах конвейера.

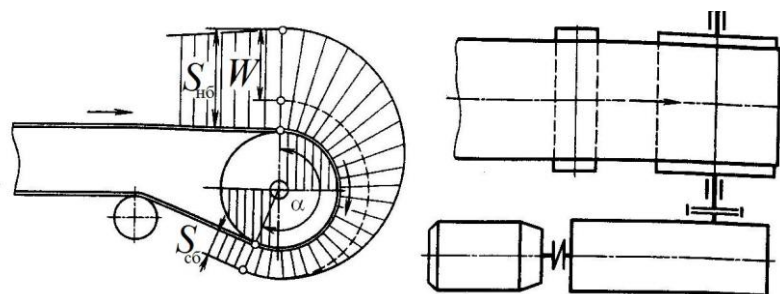


Рис. 3.10. Схема однобарабанного привода

Наиболее надежным и конструктивно простым является однобарабанный привод, так как имеет небольшие габаритные размеры, простую конструкцию, один перегиб ленты, высокую надежность, но в связи с этим ограниченный (до 240°) угол обхвата лентой барабана и пониженный коэффициент использования прочности ленты.

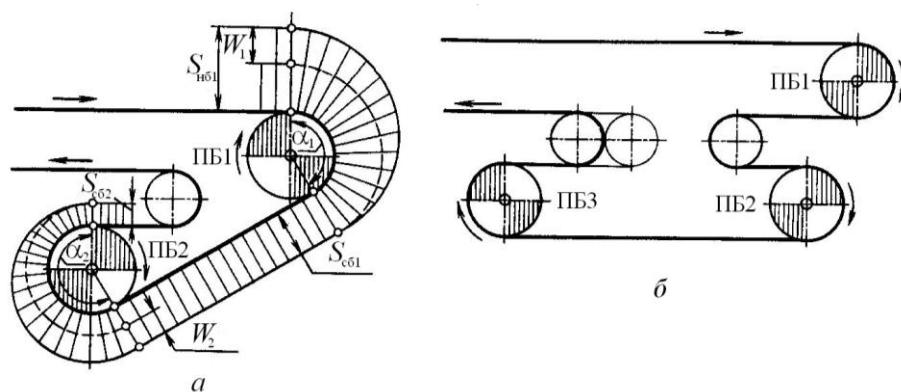


Рис. 3.11. Приводы конвейеров с близко расположенными приводными барабанами: *а* – двухбарабанный, *б* – трехбарабанный

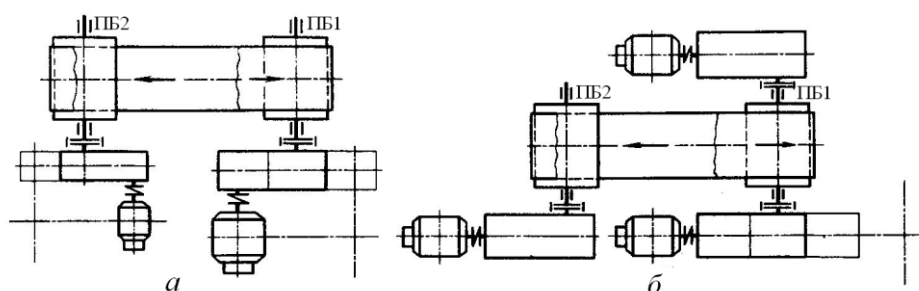


Рис. 3.12. Схемы двухбарабанного привода: *а* – с двумя двигателями, *б* – с тремя двигателями

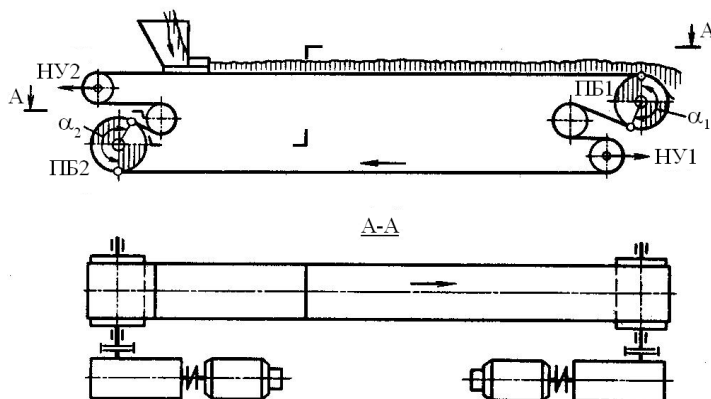


Рис. 3.13. Расположение приводов на переднем и заднем концевых барабанах

Однобарабанный привод небольшой мощности (до 30–50 кВт) выполняют со встроенным внутрь барабана электродвигателем и редуктором. Такие мотор-барабаны широко используются в приводах передвижных и переносных конвейеров и питателей; они компактны, имеют небольшую массу. К

преимуществам однобарабанного привода относятся простота конструкции, высокая надежность, небольшие габаритные размеры, единичный перегиб ленты; недостатками – ограниченный угол обхвата лентой приводного барабана и пониженный коэффициент использования прочности ленты.

Двухбарабанные приводы с близко расположенными приводными барабанами имеют различное конструктивное исполнение, наиболее распространенным из них является двухбарабанный привод с индивидуальными приводными механизмами. В этом исполнении барабаны связаны между собой только конвейерной лентой (без дополнительной кинематической связи). У двухбарабанного привода угол обхвата лентой приводного барабана увеличивается до 400° , что позволяет использовать ленту меньшей прочности и является его основным преимуществом. Двухбарабанный привод имеет большие габариты, чем однобарабанный, более сложную конструкцию и меньшую надежность; многократные перегибы ленты снижают ее долговечность – это его основные недостатки. Трехбарабанные приводы применяются в конвейерах большой протяженности.

По общей теории фрикционного однобарабанного привода соотношение между натяжениями ветвей ленты $S_{нб}$ и $S_{сб}$ при отсутствии скольжения [2]

$$S_{нб} \leq S_{сб} e^{\mu\alpha}, \quad (3.1)$$

где μ – коэффициент трения ленты о поверхность барабана;

α – угол обхвата лентой барабана, рад.

Величину $e^{\mu\alpha}$, определяющую тяговую способность барабана, называют тяговым фактором.

Тяговое усилие барабана без учета потерь из-за жесткости ленты

$$W = S_{нб} - S_{сб} = S_{сб} (e^{\mu\alpha} - 1) \text{ или } W \leq (e^{\mu\alpha} - 1) S_{нб} / e^{\mu\alpha}. \quad (3.2)$$

Тяговое усилие барабана возрастает с увеличением угла обхвата, коэффициента трения и первоначального натяжения ленты. Для увеличения коэффициента трения поверхность барабана футеруют фрикционными материалами с насечками в виде прямоугольников или ромбов глубиной 3–4 мм.

Расчетное натяжение сбегающей ветви ленты

$$S_{сб} = K_3 W / (e^{\mu\alpha} - 1). \quad (3.3)$$

Расчетное натяжение набегающей ветви ленты

$$S_{нб} = S_{сб} e^{\mu\alpha} = K_3 W e^{\mu\alpha} / (e^{\mu\alpha} - 1), \quad (3.4)$$

где $K_3 = 1,1-1,2$ – коэффициент запаса сцепления ленты с барабаном;

W – тяговое усилие, равное общему сопротивлению движения ленты, определяемое тяговым расчетом, Н.

Мощность приводного двигателя

$$N = K_3 W v / (1000 \eta), \quad (3.5)$$

где v – скорость движения ленты конвейера, м/с;

η – общий КПД механизма привода (обычно $\eta = 0,8-0,9$).

В двухбарабанном приводе

$$S_{нб1} \leq S_{сб2} e^{(\mu_1 \alpha_1 + \mu_2 \alpha_2)}, \quad (3.6)$$

где $S_{нб1}$ – натяжение ветви ленты, набегающей на первый по ходу ленты барабан, Н;

$S_{сб2}$ – натяжение ветви ленты, сбегаящей со второго приводного барабана, Н;

μ_1 и μ_2 – коэффициенты трения ленты о поверхность первого и второго барабанов;

α_1 и α_2 – углы обхвата лентой первого и второго барабанов, рад.

Общая мощность двигателей двухбарабанного привода [2]

$$N = N_1 + N_2, \quad (3.7)$$

$$N_1 = N K_\phi / (K_\phi + 1) \approx N_{1д}, \quad (3.8)$$

$$N_2 = N / (K_\phi + 1) \approx N_{2д}, \quad (3.9)$$

где $K_\phi = N_{1д} / N_{2д}$ – коэффициент соотношения мощностей на первом и втором барабанах;

$N_{1д}$ и $N_{2д}$ – принятые по каталогу мощности электродвигателей.

Обычно принимают $K_\phi = 1-3$, чаще $K_\phi = 2$, тогда на первом барабане устанавливают два одинаковых приводных механизма и электродвигателя, а на втором – один такой же комплект.

Общее суммарное тяговое усилие распределяется на два окружных усилия, создаваемых первым и вторым барабаном [2]

$$W = W_1 + W_2, \quad (3.10)$$

$$W_1 = W K_\phi / (K_\phi + 1), \quad (3.11)$$

$$W_2 = W / (K_\phi + 1). \quad (3.12)$$

Выбор места расположения и типа привода (рис. 3.14, 3.15) зависит от протяженности и профиля трассы конвейера, значения коэффициента трения между лентой и поверхностью приводного барабана μ и коэффициента использования прочности ленты [5].

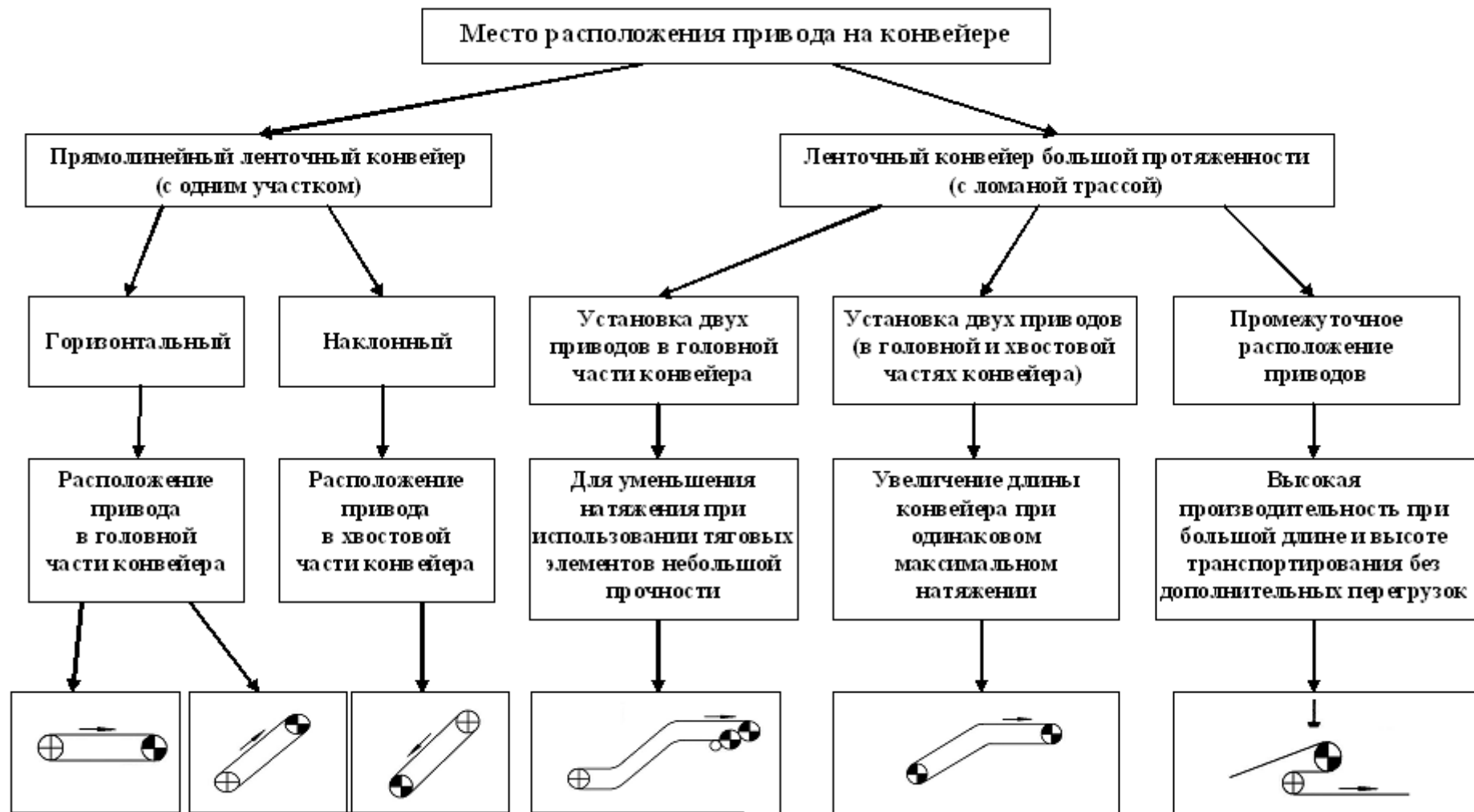


Рис. 3.14. Схема к определению места расположения привода ленточного конвейера

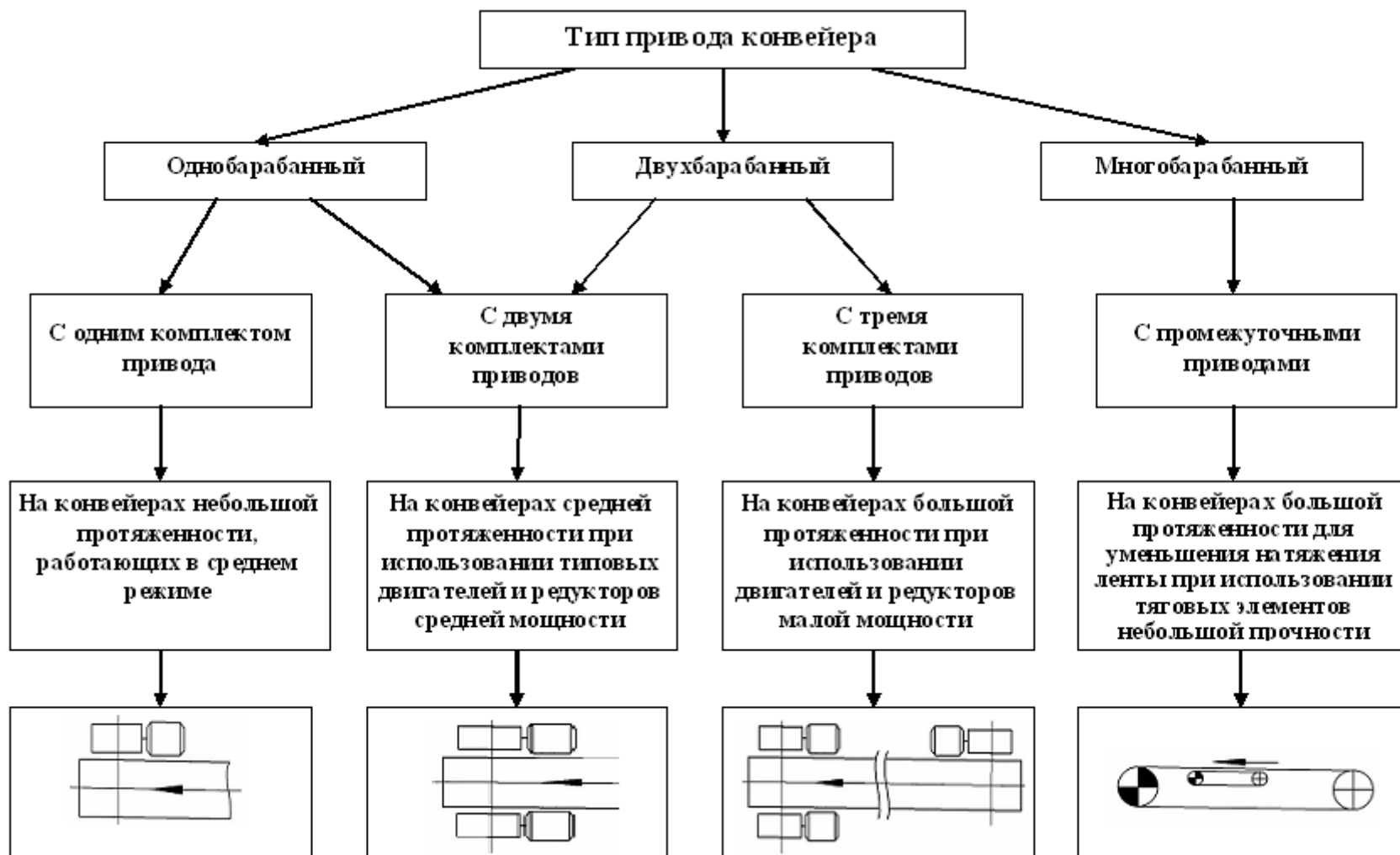


Рис. 3.15. Схема к определению выбора типа привода ленточного конвейера

Барабаны приводные и неприводные изготавливают сваркой с обечайкой из листовой стали или отливкой из чугуна. По форме обода барабаны выполняют с цилиндрической или выпуклой (бочкообразной) поверхностью – гладкой или с насечками. Тяговые свойства приводного барабана повышают путем увеличения натяжения ленты или угла обхвата лентой приводного барабана, использования высокофрикционных футеровок с продольными или шевронными ребрами (что способствует самоочищению).

Футеровки устанавливаются при помощи специальных клеев на барабаны конвейеров, футеровочные пластины значительно уменьшают сход ленты и ее проскальзывание, а также попадание груза на поверхность барабана, что существенно улучшает работу конвейеров и повышает их технико-экономические показатели.

Рифленая поверхность приводного барабана обеспечивает увеличение коэффициента сцепления ленты с барабаном и тягового фактора привода, уменьшая при этом необходимое натяжение ленты, увеличивая срок службы ленты и ее стыковых соединений.

Мощность приводных блоков выбирается из стандартного ряда: 200, 250, 320, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1500 кВт.

Дополнительное прижатие ленты к приводному барабану осуществляется с помощью установки прижимных барабанов, с использованием вакуума или магнитных сил и других приспособлений.

Вал приводного или ось неприводного барабанов устанавливается в опорах на шарикоупорных подшипниках. Для соединения приводного барабана с выходным валом редуктора применяется зубчатая муфта, валы двигателя и редуктора соединяются упругой муфтой. На конвейерах, имеющих наклонный участок для предотвращения самопроизвольного обратного движения загруженной ветви устанавливают храповый останов или тормоз.

Геометрические параметры приводных барабанов зависят от конструкции и прочности ленты.

Загрузочные устройства обеспечивают заданную производительность конвейера, срок службы ленты, величину сопротивления ее движению. Конструкция загрузочных устройств (рис. 3.16) зависит от характеристики транспортируемого груза и способа подачи его на конвейер. Обычно загрузка производится у заднего концевого барабана, однако загрузка и разгрузка конвейера может происходить в любом пункте трассы.

Штучные грузы подаются на конвейер с помощью направляющих лотков или непосредственно укладываются на него.

Насыпные грузы подаются с помощью бункера и загрузочной воронки с направляющим лотком, которые формируют поток груза и направляют его в середину ленты.

Для обеспечения высокого срока службы ленты и роликоопор скорость подачи груза должна быть близка к скорости движения ленты, высота паде-

ния груза должна быть минимальной. Углы наклона стенок воронки должны быть на $10\text{--}15^\circ$ больше углов трения груза о стенки.

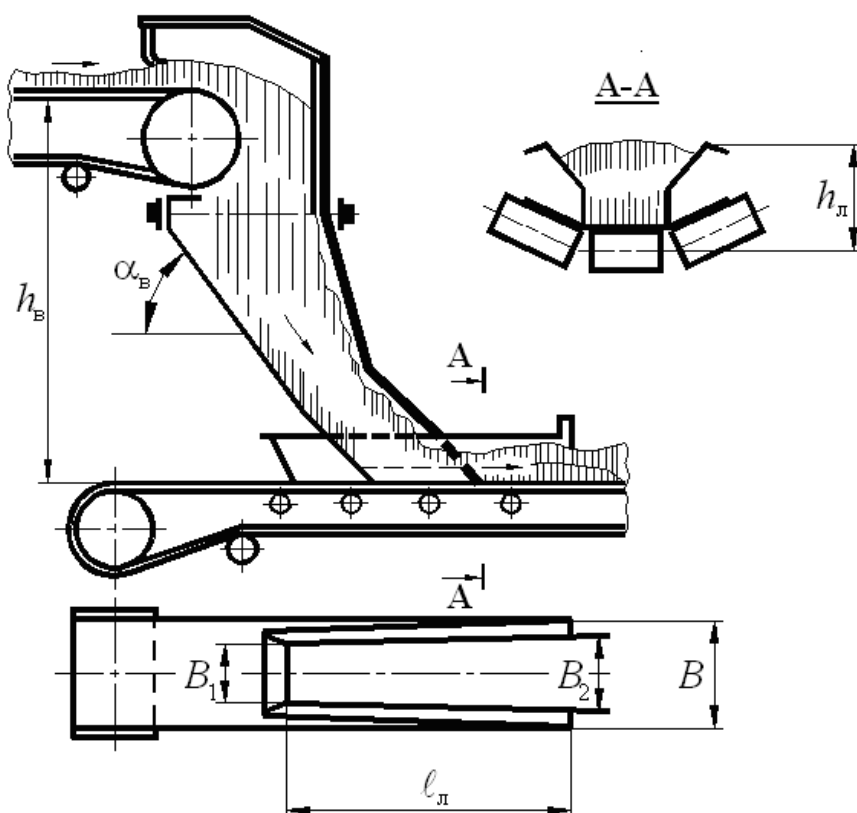


Рис. 3.16. Загрузочное устройство ленточного конвейера

На нижних частях боковой и задней стенок воронки устанавливают уплотнительные полосы из износостойкой резины. Для увеличения срока эксплуатации передней стенки на нее устанавливают броневой лист, устраивают отдельные отсеки-ячейки, заполняемые частицами груза, таким образом груз скользит по слою груза. Угол наклона желоба воронки $\alpha_{ж} = \varphi_{в} + (10\text{--}15^\circ)$, ($\varphi_{в}$ – угол внешнего трения груза о желоб).

Для конвейеров с высокой производительностью применяют конвейеры-питатели (рис. 3.17), позволяющие приблизить скорость груза к скорости ленты и увеличить срок службы ленты.

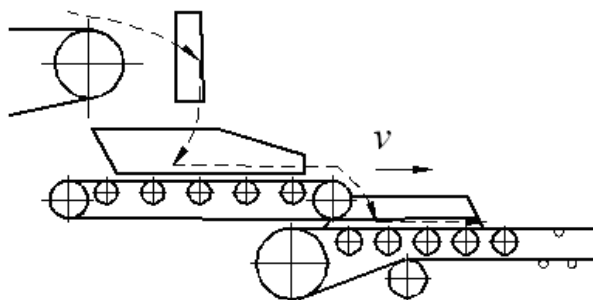


Рис. 3.17. Схема загрузки конвейера с помощью питателя

Для конвейеров с высокой производительностью применяют конвейеры-питатели, позволяющие: приблизить скорость груза к скорости ленты, увеличить долговечность ленты.

Сила сопротивления движению в месте загрузки

$$W_{\text{зу}} = \frac{Qf_{\text{л}}(v-v_1)}{3,6(f_{\text{л}}-tg\beta-k_{\text{б}}f_{\text{б}})} \quad , \quad (3.13)$$

где Q – производительность конвейера, т/час;

$f_{\text{л}}$ – коэффициент трения груза о ленту;

v – скорость конвейера, м/с;

v_1 – скорость груза, м/с;

β – угол наклона конвейера;

$k_{\text{б}}$ – коэффициент бокового давления груза на направляющие борта;

$f_{\text{б}}$ – коэффициент трения груза о направляющие борта.

Разгрузочные устройства. Разгрузка ленточного конвейера производится с концевого барабана или на трассе конвейера с помощью плужковых или барабанных разгрузателей.

Барабанные разгрузатели (рис. 3.18) применяют при загрузке длинных бункерных эстакад или открытых складов. Разгрузатели имеют реверсивное движение вдоль всего фронта разгрузки длиной 100 м и более с автоматическим управлением.

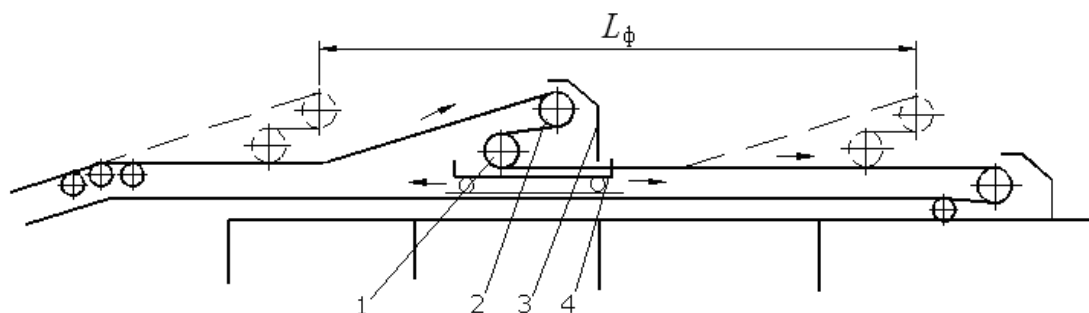


Рис. 3.18. Схема установки барабанного разгрузателя:

1 – отклоняющий барабан; 2 – концевой барабан;

3 – направляющая стенка воронки; 4 – барабанная тележка

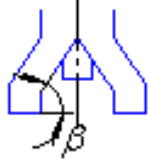
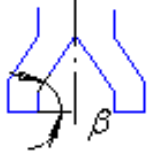
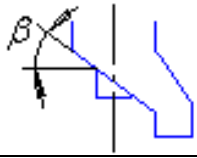

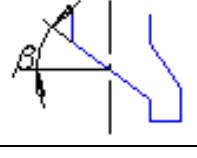
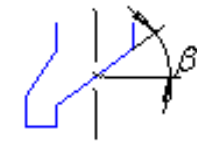
Разгрузочная тележка передвигается по рельсам, устанавливаемым на специальной конструкции – треке, который одновременно, является и средней частью конвейера с закреплёнными на ней роликоопорами. Разгрузочная воронка барабанной тележки (табл. 3.2) имеет конструкцию, которая позволяет сбрасывать груз с ленты на две стороны или вперед (в любом сочетании).

Плужковый разгрузатель (сбрасыватель) – это стационарное устройство для разгрузки насыпных и штучных грузов (рис. 3.19), который в рабочем положении опирается на ленту и сдвигает с нее груз в разгрузочную во-

ронку, в нерабочем состоянии приподнят и свободно пропускает под собой ленту с грузом.

Таблица 3.2

Способы разгрузки барабанной сбрасывающей тележки в зависимости от конструкции разгрузочной воронки

Наименование воронки	Характеристика воронки	Схема воронки
1	2	3
Трехрукавная	Разгрузка на две стороны и вперед	
Двухрукавная	Разгрузка на две стороны	
Двухрукавная односторонняя правая	Разгрузка на одну сторону (правую) или вперед	
Двухрукавная односторонняя левая	Разгрузка на одну сторону (левую) или вперед	
Однорукавная правая	Разгрузка на правую сторону	
Однорукавная левая	Разгрузка на левую сторону	

По направлению разгрузки ленты плужковые разгрузатели выполняют двустороннего и одностороннего действия, по интенсивности разгрузки плужковые разгрузатели выполняются с полной разгрузкой; частичной разгрузкой ленты: односторонние с поворотным щитом и двусторонние с подвижными щитами (рис. 3.20).

Плужковые разгрузатели применяются для разгрузки пылевидных, зернистых и мелкокусковых грузов и не рекомендуются для разгрузки твердых и высокоабразивных грузов из-за быстрого изнашивания щитов и ленты. Для разгрузки штучных грузов применяют плужковые разгрузатели с неподвижными и подвижными щитами.

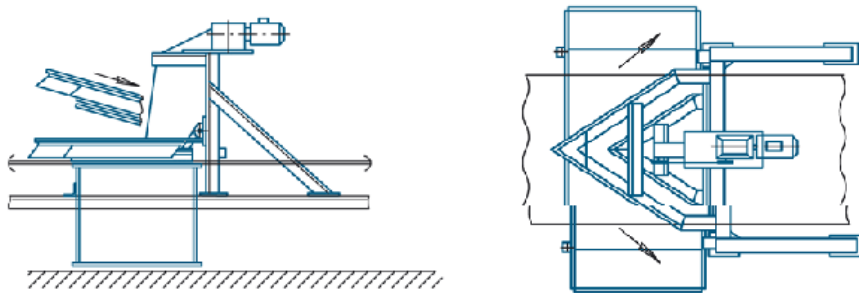


Рис. 3.19. Схема плужкового разгрузителя

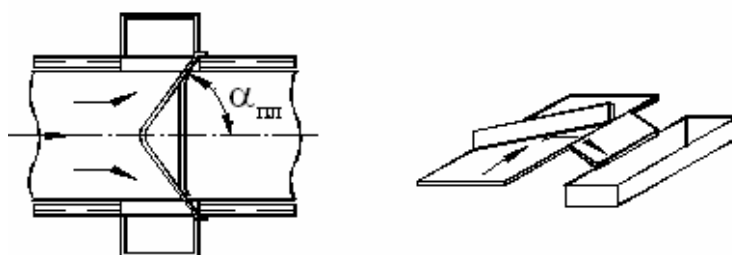


Рис. 3.20. Стационарные плужковые сбрасыватели:
а – двухстороннего действия; *б* – одностороннего действия

Натяжные устройства. На ленточных конвейерах устанавливаются винтовые, гидравлические, грузовые, грузо-лебедочные и грузопружинные натяжные устройства (разд. 2.3).

Отклоняющие устройства. Направление движения ленты изменяется при помощи концевых оборотных и отклоняющих барабанов; роликовой батареи; по кривой свободного провисания ленты (рис. 3.21).

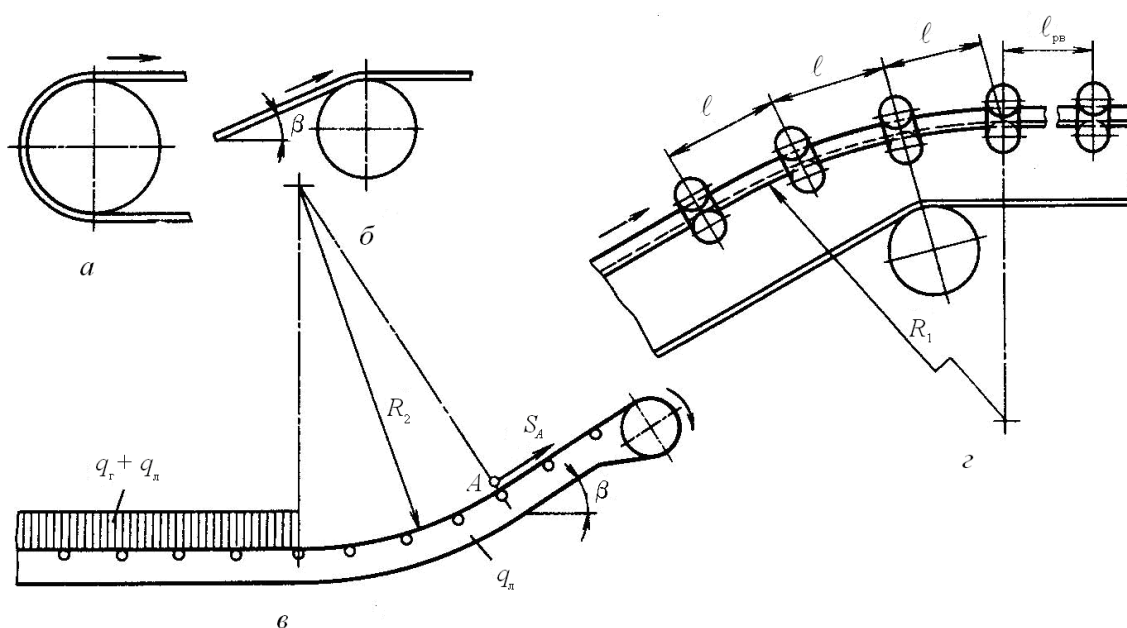


Рис. 3.21. Схемы отклонения ленты:
а, б – на барабане; *в* – по кривой свободного провисания; *г* – на роликовой батарее

Очистные устройства. Очистка ленты от налипшего и примерзшего груза имеет важное значение для обеспечения нормальной эксплуатации конвейера и повышения срока службы ленты. К средствам очистки ленты предъявляются требования не только полноты очистки, но и сохранности обкладки ленты, длительных сроков работы самих устройств без большого износа и загрязнения, простоты и надежности конструкции. Очистка от сыпучих и нелипких материалов (уголь, песок) производится относительно легко. Существенные затруднения представляет очистка от влажных сильноналипающих грузов (суглинок, глина, мел) и намерзающих грузов в зимний период.

Для очистки грузонесущей поверхности ленты при сухих и влажных, но не липких грузах применяют одинарные или двойные скребки (рис. 3.22, *а*); при влажных и липких – вращающиеся щетки (рис. 3.22, *б*) или барабаны с вращающимися лопастями.

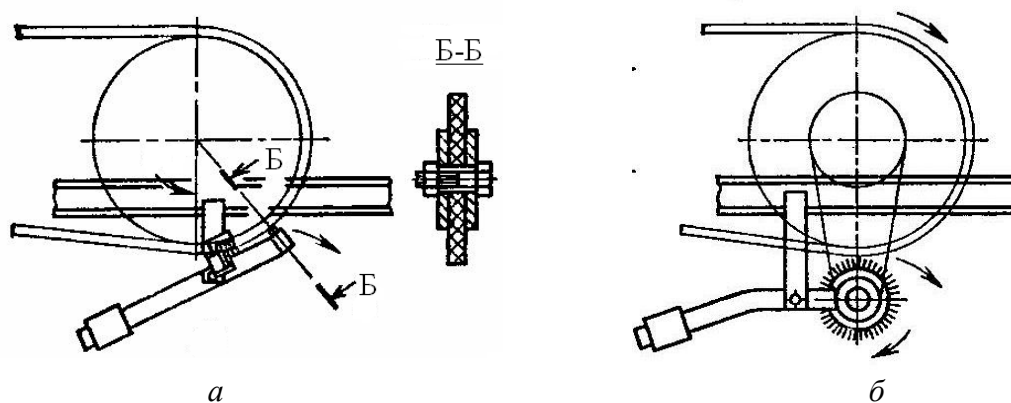


Рис. 3.22. Очистные устройства:
а – очистной скребок; *б* – вращающаяся щетка

Рабочие элементы скребков и щеток выполняют из износостойкой резины, пластмассы, капроновых нитей. Очистные устройства устанавливают у концевых барабанов, счищаемый груз падает в воронку. Применяют гидроочистку ленты при обеспечении ее просушки. Для очистки внутренней поверхности ленты у концевого барабана устанавливают плужковый очиститель.

Поверхность нефутерованных барабанов и отдельных роликов обратной ветви очищается стальными скребками. Расположение очистного устройства должно быть таким, чтобы прилипший к ленте груз сбрасывался в разгрузочную коробку или отдельный приемник. Рабочие элементы скребковых очистных устройств выполняют металлическими, из износостойкой резины или пластмассы, закрепляют в шарнирной раме, прижатие к ленте осуществляется грузом или пружиной с помощью рычага. Для повышения срока службы скребков их выполняют двойными. Первый по ходу ленты скребок устанавливают с большим зазором от поверхности ленты, чем второй. Сначала происходит удаление основного слоя материала первым, а затем более тонкая очистка вторым скребком.

Вращающиеся щетки приводятся в движение от индивидуального привода или от приводного барабана конвейера через ускоряющую передачу. Щетки изготавливают с эластичными ребрами (лопастями), расположенными параллельно оси или по винтовой. Ребра армируются резиновыми полосами из упругих синтетических материалов или набираются из пучков капроновых нитей.

Для слабоналипающих грузов используют вибрационные очистные устройства, наибольшая эффективность которых достигается при их использовании в сочетании с другими очистными устройствами.

Гидравлические очистные устройства работают по принципу механического отделения прилипших частиц груза напорной струей воды. Они имеют простую конструкцию, но требуют установки дополнительного оборудования для подачи воды и отвода пульпы, гидроочистку (гидросмыв) применяют при обеспечении просушки ленты.

Для очистки внутренней поверхности ленты у концевого барабана устанавливают плужковый очиститель.

Станина конвейера. Жесткую станину изготавливают из прокатных профилей в виде продольных балок, на которые устанавливают роликоопоры. Гибкая станина состоит из двух или четырех продольных канатов, к которым подвешивают роликоопоры. Станины обоих типов бывают опорные и подвесные.

Контрольные и предохранительные устройства (датчики). На ленточных конвейерах устанавливаются предохранительные устройства, обеспечивающие контроль скорости движения; поперечного сдвига ленты; продольного порыва ленты; целостности тросов (в резинотросовой ленте); функционирования системы подачи смазки к редукторам.

Для автоматической работы транспортирующей установки или комплекса машин необходимо не только установить приборы автоматического управления, но и обеспечить длительную непрерывную работу машины при минимальном количестве обслуживающего персонала. С помощью приборов автоматики осуществляется автоматический контроль за работой основных узлов конвейеров, предотвращается возникновение аварий путем отключения всей линии или ее части

Основные процессы, над которыми осуществляется автоматический контроль: наличие груза на ленте; обрыв и пробуксовка ленты; равномерность грузопотока; предупреждение сбегания ленты в сторону; состояние поверхности барабанов, подшипников и т.д.; движение тяговых органов; места перегрузки; заполнение бункерных установок.

3.1.3 Расчет ленточных конвейеров

Расчет конвейеров при проектировании проводится в два этапа: предварительный расчет основных параметров конвейера в соответствии с техниче-

ским заданием на проектирование и поверочный расчет, определяющий прочность узлов и деталей и соответствие техническому заданию (в процессе поверочного расчета уточняются значения параметров конвейера, определенные в предварительном расчете) [2].

Обобщенный расчет ленточного конвейера.

Исходными данными к расчету являются:

- характеристика груза;
- производительность (средняя и максимальная плановая);
- схема трассы конвейера;
- производственные условия эксплуатации;
- характер загрузки и разгрузки.

Расположение насыпного груза на ленте (рис. 3.24) определяется профилем сечения рабочей ветви ленты.

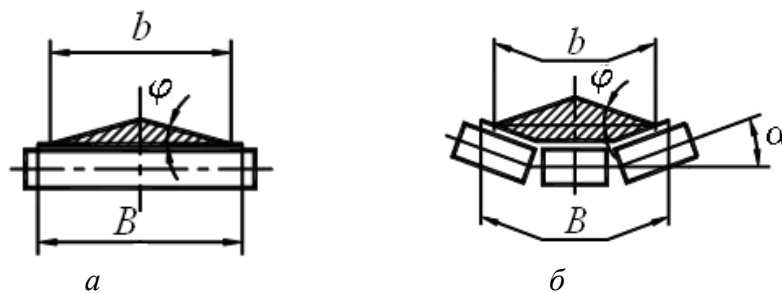


Рис. 3.24. Расположение насыпного груза:
а – на прямой роликоопоре; б – на желобчатой роликоопоре

Площадь поперечного сечения насыпного груза F на движущейся ленте зависит от ширины ленты и ширины находящегося на ней насыпного груза (рабочей ширины ленты) (рис. 3.24), типа роликоопоры, углов наклона боковых роликов и соотношения длин роликов (для желобчатой опоры), угла естественного откоса груза на движущейся ленте и его гранулометрического состава, угла наклона конвейера, способа подачи груза на ленту. Площадь поперечного сечения насыпного груза

$$F = b h k_{\beta} / 2 = 0,25 b^2 k_{\beta} \operatorname{tg} \varphi_1, \quad (3.14)$$

где $b = (0,9B - 0,05)$ – грузонесущая ширина ленты, м;

$h = 0,5 b \operatorname{tg} \varphi_1$ – высота слоя груза, м;

k_{β} – коэффициент уменьшения сечения груза на наклонном конвейере;

$\varphi_1 \approx 0,35 \varphi$ – угол естественного откоса груза в движении;

φ – угол естественного откоса груза в покое.

Площадь сечения груза на желобчатой роликоопоре представляет собой сумму площадей равнобокого треугольника и трапеции, стороны которой определяются размерами роликов и углом их наклона.

Расчетная массовая максимальная производительность конвейера

$$Q_{p.m.} = 3600 F v \rho = K_n v \rho k_\beta b^2, \quad (3.15)$$

где F – площадь поперечного сечения груза на ленте, m^2 ;

v – скорость движения ленты, м/с; скорость движения ленты выбирают в зависимости от характеристики груза, ширины ленты, наличия промежуточной разгрузки, назначения, местоположения конвейера;

ρ – плотность груза, t/m^3 ;

$K_n = 3600F / b^2$ – коэффициент площади поперечного сечения груза на ленте.

Необходимая расчетная ширина ленты

$$B_p = 1,1 \left(\sqrt{\frac{Q_{p \max}}{k_n \cdot v \cdot \rho \cdot k_\beta}} + 0,05 \right), \quad (3.16)$$

где k_n – коэффициент типа роlikоопор;

v – скорость движения ленты, м/с;

ρ – плотность груза, t/m^3 ;

k_β – коэффициент, зависящий от угла наклона конвейера, для горизонтальных конвейеров $k_\beta = 1$, для наклонных значение k_β выбирается по справочнику.

При транспортировании кусковых грузов ширина ленты, определенная по расчетной производительности, проверяется по условию кусковатости груза

$$B_k = Xa + 200, \quad (3.17)$$

где B_k – ширина ленты с учетом кусковатости груза, мм;

X – коэффициент, зависящий от типа груза, для сортированного груза $X = 3,5$; для рядового груза $X = 2$;

a – размер наибольших кусков груза, мм.

Если вычисленная по формуле ширина ленты $B_p < B_k$, то принимают ширину B_k , которая округляется до ближайшего большего размера B из нормального ряда и принимается в соответствии с ГОСТ 20–85.

Нормальный ряд ширины ленты по ГОСТ 20–85: 300, 400, 500, 650, 800, 1000, 1200, 1400, 1600, 1800, 2000, 2500, 3000 мм.

При транспортировании штучных грузов ширину ленты определяют в зависимости от габаритных размеров груза и способа его загрузки на ленту, на ленте с обеих сторон должны оставаться свободные от груза поля 50–100 мм.

Для обеспечения заданной расчетной производительности при принятой ширине ленты B скорость ленты определяется: $v_p = v \cdot B^2 / B^2$.

Окончательное значение скорости движения ленты выбирается из нормального ряда скоростей согласно ГОСТ 22644–77: 0,4; 0,5; 0,63; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,15; 4,0; 5,0; 6,3 м/с.

Для широких лент возможны более высокие скорости, чем для узких; для конвейеров, работающих в закрытых помещениях, принимают меньшие скорости, чем для конвейеров на открытой местности; для конвейеров с наибольшим углом наклона принимают меньшие скорости, чем для горизонтальных (во избежание просыпи груза).

Расчетное натяжение ленты, тяговое усилие и мощность двигателя определяются: по обобщенной формуле (предварительное вычисление параметров); по подробному тяговому расчету для точных поверочных расчетов.

Тяговый расчет ленточного конвейера выполняется в двух вариантах: при установившемся движении и в момент запуска при полной нагрузке конвейера. Подробный тяговый расчет выполняют методом последовательного суммирования сил сопротивления движению ленты на всей трассе конвейера. Линейные силы тяжести ленты и роlikоопор принимают приближенно, затем уточняют. Контур трассы конвейера разбивают на отдельные участки по виду сопротивлений: прямолинейные (горизонтальные, наклонные); повороты (отклонения ленты на роликах или барабанах); узлы загрузки и разгрузки. Нумерацию и расчет начинают от точки сбегающей ленты с приводного барабана по направлению движения по контуру трассы до конечной точки набегания ленты на приводной барабан.

Сопротивление движению ленты на прямолинейных участках:
на нижней (обратной) ветви

$$W_{\text{н}} = \omega_{\text{н}} \left(q_{\text{л}} + q_{\text{р.н.}} \right) \cdot \ell \pm q_{\text{л}} h; \quad (3.18)$$

на верхней (рабочей) ветви

$$W_{\text{в}} = \omega_{\text{в}} (q_{\text{л}} + q_{\text{г}} + q_{\text{р.в.}}) \ell \pm (q_{\text{л}} + q_{\text{г}}) h, \quad (3.19)$$

где ℓ и h – горизонтальная и вертикальная проекции длины рассматриваемого прямолинейного участка, м.

Для горизонтального участка $h = 0$; для незагруженной верхней ветви $q_{\text{г}} = 0$.

В формулах знак «+» принимается для участков подъема, знак «-» – для участков спуска ленты и груза.

На конвейерах, имеющих наклонный участок с движением загруженной ветви вниз, коэффициент сопротивления движению в формуле 3.19 принимается равным $0,6\omega_{\text{в}}$.

Натяжение ленты, сбегающей с отклоняющего или оборотного барабана

$$S_i = \xi \cdot S_{i-1}, \quad (3.20)$$

где ξ – коэффициент сопротивления движению ленты на барабане ($\xi = 1,02–1,06$ в зависимости от угла обхвата и условий работы конвейера);

S_{i-1} – натяжение ленты, набегающей на отклоняющий барабан, Н.

Натяжение ленты, сбегаящей с роликовой батарее

$$S_i = \lambda \cdot S_{i-1}, \quad (3.21)$$

где λ – коэффициент сопротивления движению ленты на роликовой батарее ($\lambda = 1,02–1,06$ в зависимости от угла отклонения ленты и условий работы конвейера);

S_{i-1} – натяжение ленты, набегающей на роликовую батарею, Н.

Сопротивление движению ленты в месте загрузки

$$W_z = W_{z.y.} + W_{z.b.} + W_{z.l.} \quad (3.22)$$

где $W_{z.y.}$ – сопротивление, возникающее от сообщения грузу ускорения при подаче его на ленту и трения частиц груза о ленту;

$W_{z.b.}$ – сопротивление трению частиц груза о неподвижные борта направляющего лотка воронки;

$W_{z.l.}$ – сопротивление трению уплотнительных полос загрузочного лотка о ленту.

Определение дополнительных усилий при пуске конвейера. Процесс пуска конвейера состоит из двух периодов: трогания с места и разгона всех движущихся масс до номинальной скорости.

Расчет основных пусковых характеристик включает последовательное определение следующих параметров:

максимальное натяжение ленты при пуске конвейера $S_{\text{пуск}}$;

проверка выбора прочности ленты по $S_{\text{пуск}}$ с учетом запаса прочности;

ускорение пуска j ;

минимальная продолжительность пуска $t_{n \min}$;

время пуска по пусковым характеристикам электродвигателя;

маховой момент движущихся частей конвейера;

максимальный пусковой момент $M_{\text{пуск}}$;

тормозной момент;

время торможения до полной остановки конвейера t_T .

Выполненный тяговый расчет необходимо проверить по минимальному натяжению ленты на трассе конвейера. Для верхней загруженной ветви при транспортировании насыпных грузов

$$S_{B \min} \geq K_e (q_{\Gamma} + q_{\text{л}}) \ell_{\text{р.в.}} \cos \beta, \quad (3.23)$$

где K_e – коэффициент (для конвейеров длиной до 100 м с простой трассой $K_e = 5$; для конвейеров длиной более 100 м и сложной трассой $K_e = 8–10$).

При транспортировании штучных грузов по одному массой m_r в пролете между роlikоопорами

$$S_{B \min} \geq 10 (q_r \ell_{p.v.} \cos \beta + 2g m_r). \quad (3.24)$$

Минимальное натяжение ленты для нижней (обратной ветви)

$$S_{H \min} \geq 8 q_l \ell_{p.n.} \cos \beta. \quad (3.25)$$

3.1.4 Монтаж ленточных конвейеров

Машины непрерывного транспорта монтируют на постоянном рабочем месте. Трудоемкость монтажных работ конвейеров требует повышенной точности координирования их положения в пространстве по отношению к другим машинам, технологическому оборудованию и элементам строительных конструкций. При большой длине недопустимы даже малые угловые ошибки, которые приводят к отклонениям линейных размеров, поэтому монтаж оборудования выполняют квалифицированные рабочие непосредственно на рабочем месте [7].

Монтажу ленточного конвейера предшествует разработка проектно-сметной документации и монтажных работ с учетом расположения складов, подъездных путей, энергетического хозяйства.

Конвейерные установки с мощностью привода более 500 кВт монтируют специализированные монтажно-строительные организации, при меньшей мощности – монтажные бригады самого предприятия.

На выверенную по шаблону, отвесам и уровню и закрепленную металлоконструкцию (рис. 3.25) устанавливают роlikоопоры, начиная с нижней (холостой) ветви, пока доступ к ней не закрыт роlikоопорами верхней ветви. Затем устанавливают роlikоопоры рабочей ветви и монтируют приводной барабан, а по его валу – редуктор и электродвигатель.

Привод конвейера обкатывают до установки ленты, замеченные неисправности устраняют. Натяжной барабан устанавливают в крайнее положение, соответствующее минимальной длине конвейера.

Наибольшая ответственность монтажа необходима при установке приводной станции и роlikового става в плане.

При установке приводных барабанов не допускается отклонение от перпендикулярности осей барабана и конвейера более чем на 0,5 мм на 1000 мм длины, смещение середины барабана относительно продольной оси конвейера должно быть не более 2 мм, жесткие требования предъявляются и к натяжным и к отклоняющим барабанам.

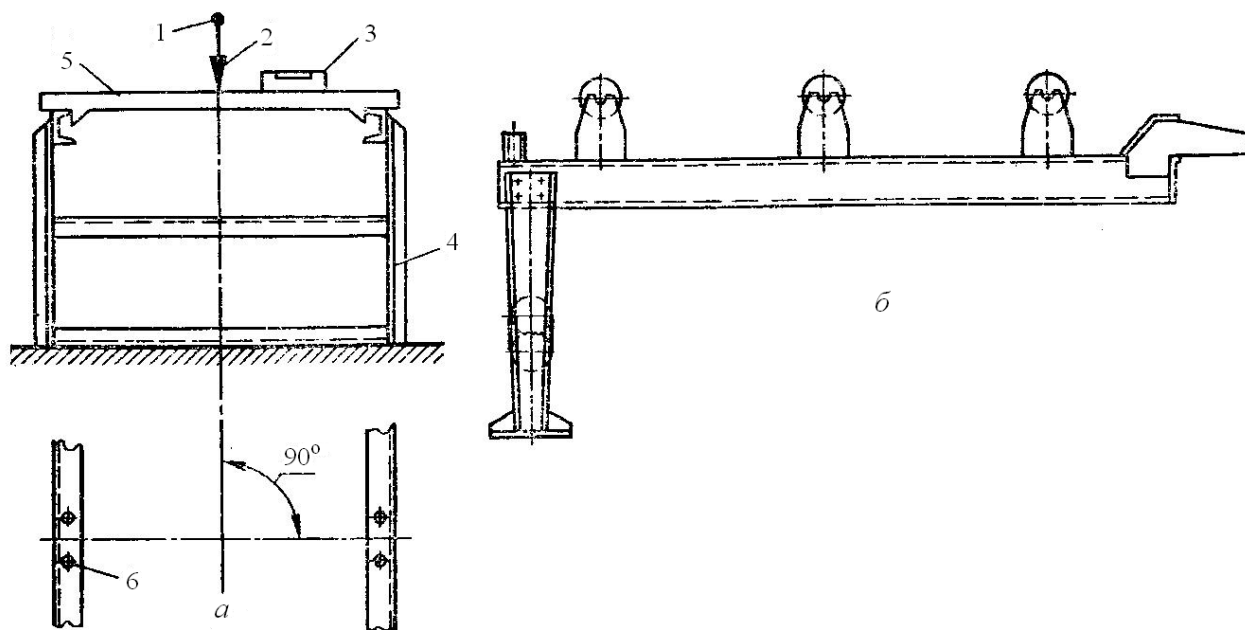


Рис. 3.25. Схема подготовки металлоконструкции к монтажу:

a – подготовка к монтажу; *б* – секция конвейера;

1 – ориентир; 2 – отвес; 3 – уровень; 4 – металлоконструкция; 5 – шаблон; 6 – отверстия

Отклонение середины роликоопоры от продольной оси конвейера не должно превышать 3 мм. Опорная поверхность под роликоопоры должна быть прямолинейной (отклонение не более ± 1 мм на 1000 мм длины), ролики должны легко вращаться.

После холостого испытания приводов, натяжных устройств и другого оборудования приступают к монтажу конвейерной ленты [5]. Необходимая длина ленты (м) определяется по формуле

$$L = \sum R_i \alpha_i + \sum L_i + L_T + \ell_c, \quad (3.26)$$

где R_i – радиус огибания лентой барабанов, м;

α_i – угол изгиба ленты, град;

L_i – длина прямолинейных участков, м;

L_T – длина огибания барабанов разгрузочной тележки (если она имеется), м;

ℓ_c – длина стыка, м.

Для укладки ленты на обеих ветвях конвейера рулон ленты устанавливается со стороны концевой станции. Конец ленты прикрепляют к стальному канату, длина которого не меньше удвоенной длины конвейера (рис. 3.26).

Канат укладывают на роликоопоры холостой ветви, перекидывают через головной барабан и протягивают по роликоопорам грузовой ветви к лебедке.

При наматывании каната на барабан лебедки лента сматывается с рулона и укладывается на грузовой, а затем, обогнув концевой барабан, на холостой ветви конвейера.

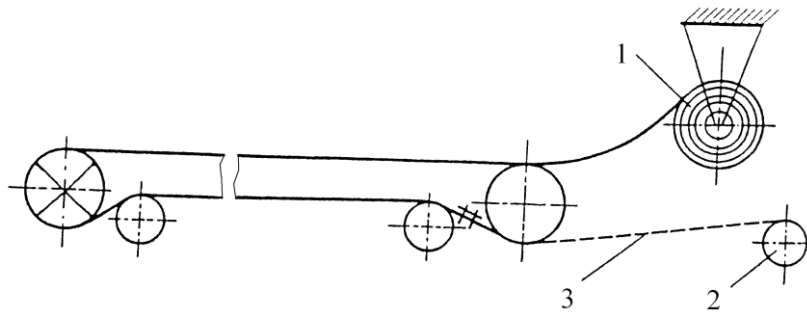


Рис. 3.26. Схема навески ленты с помощью привода и лебедки:
1 – рулон ленты; 2 – барабан лебедки; 3 – канат

После монтажа всех узлов и электрооборудования производится тщательный осмотр и обкатка конвейера.

Перед опробованием конвейера вхолостую в течение 3–4 часов необходима установка защитных кожухов, бортов, течек, воронок, очистных устройств. Лента должна быть натянута расчетным усилием. При этом проверяется работа механизмов, нагрев подшипников, вращение роликов, отсутствие течи масла из редуктора, контроль правильности движения ленты (рис. 3.27). При сходе ленты с приводного барабана или с роликоопор конвейер останавливают [7].

При опробовании под нагрузкой в течение 12 часов выполняются аналогичные проверки и регулировки, как при опробовании вхолостую.

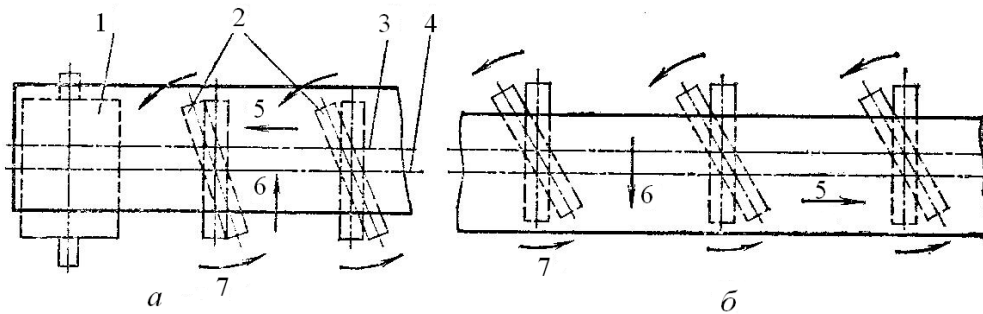


Рис. 3.27. Регулировка верхних роликоопор ленточного конвейера при сходе ленты:
а – с приводного барабана; *б* – в средней части;
1 – приводной барабан; 2 – роликоопоры; 3, 4 – оси ленты и конвейера;
5, 6, 7 – направления движения ленты, ее схода и разворота роликоопор

Для попадания груза на середину ленты необходимо соблюдать правильность загрузки и разгрузки конвейера и положения загрузочных устройств. Просыпание груза в местах разгрузки устраняют регулированием приемных устройств. При опробовании наклонных конвейеров под нагрузкой (при полностью загруженной ленте) проверяют работу тормозов и остановов, препятствующих движению загруженного конвейера в обратном направлении

при выключении двигателя. Натяжение ленты регулируется в соответствии с ее загрузкой.

3.1.5 Техническое обслуживание механизмов и деталей конвейеров

Техническое обслуживание конвейеров включает: осмотр всех элементов конвейера; проверку правильности их работы; регулировку механизмов; ремонт механизмов и деталей [7].

Техническое обслуживание конвейеров производят визуально при холостом ходе и остановках, во время передачи смены машинистами и дежурными слесарями, при осмотре проверяют: наличие повреждений ленты; прочность стыка; состояние обкладки бортов; качество очистки ленты; прилегание ленты к роликам; правильность хода ленты, загрузки и разгрузки; отсутствие заштыбовки, чрезмерного провисания между роликоопорами.

Посадочные места под подшипники качения на оси роликов, рабочие поверхности барабанов и роликов подвергаются механическому и абразивно-механическому износу, в результате чего происходит изменение их начальных размеров, искажение геометрических форм, появление рисок и задиров. Причиной дефектов является трение поверхностей деталей при значительных давлениях в присутствии абразивной пыли. Сопрягаемые поверхности роликоопор воспринимают динамические и знакопеременные нагрузки, в них возникают различного рода напряжения, в ряде случаев они подвергаются интенсивному старению и износу.

При осмотре конвейера проверяют наличие повреждений ленты, качество ее очистки, прилегание к роликам, правильность хода, разгрузки и загрузки, отсутствие заштыбовки, чрезмерного провисания между роликоопорами и опасности пробуксовки.

Плохая очистка ленты ускоряет ее износ, поэтому очистные устройства должны быть тщательно отрегулированы. Мелкий ремонт ленты выполняют на месте, а при крупных повреждениях на большой длине ленту или ее отдельные участки заменяют.

Сход ленты в сторону должен быть устранен, так как он ведет к повреждению кромок ленты и просыпанию груза на холостую ветвь с переносом на натяжную станцию и заштыбовкой ленты. Эксплуатация при ослабленном натяжении ленты приводит к энергетическим потерям, снижает срок службы ленты и является причиной пробуксовки на приводном барабане, которая ведет к интенсивному износу ленты и футеровки барабана. При работе зимой необходимо следить за тем, чтобы не было обледенения барабанов и ленты.

Техническое обслуживание роликоопор ленточных конвейеров предусматривает их периодический осмотр, регулировку и замену.

При осмотре приводных станций необходимо следить за износом футеровки приводных барабанов, наличием масла в редукторе, состоянием муфт, тормозов и остановов

ТО барабанов ленточных конвейеров предусматривает их осмотр, регулировку и смазку. При осмотре проверяют состояние подшипников по внешним признакам (шум, нагрев) и футеровки (износ, обрыв). Поврежденную футеровку ремонтируют или заменяют на месте без демонтажа барабана. Для устранения нагрева проверяют и регулируют положение барабана, проверяют состояние подшипников. Неисправности подшипниковых узлов происходят из-за отсутствия, избытка или загрязнения смазки, перекоса самого подшипника.

Натяжные устройства при техническом обслуживании осматривают и устраняют неисправности.

При ТО металлоконструкций проводится тщательный осмотр характерных зон возможных повреждений, все расчетные сварные швы, заклепочные и болтовые соединения и другие места вероятного появления трещин: резкие изменения сечений элементов; места примыкания ребер, накладок, косынок; концы сварных швов и места с изменением их толщины и формы.

При обнаружении трещин в ответственных местах металлоконструкций машину не допускают к работе; если дефекты не представляют опасность для нормальной работы машин и обслуживающего персонала, их исправление можно приурочить к очередному ремонту.

3.2 Ленточные конвейеры специальных типов с прорезиненной лентой

Передвижные и переносные конвейеры. Передвижной ленточный конвейер состоит из тех же элементов, что и стационарный, но дополнительно имеет колесный ход и механизм изменения угла наклона. Переносные конвейеры имеют малую длину (до 5 м) и незначительную массу; их переносят с места на место вручную. Роликоопоры – желобчатые, иногда сплошной настил. Привод – от электродвигателя со встроенным редуктором с клиноременной или цепной передачей. Натяжное устройство – винтовое. Металлоконструкция – сварная из легкого фасонного проката.

Основным недостатком является ручная загрузка, поэтому обычно передвижные и переносные ленточные конвейеры работают в комплексе с погрузочными машинами. Передвижные и переносные конвейеры применяют на складах, железнодорожном и водном транспорте и строительстве. На конвейерах используют резинотканевую ленту с гладкой и рифленой поверхностью, с бортами и перегородками [2].

Конвейеры магистральные предназначены для транспортирования горной массы по прямолинейным в плане горным выработкам с углами наклона от минус 10 градусов до плюс 22 градусов в плане, в том числе опасным по газу и пыли. Для увеличения длины конвейеров, уменьшения разрывной прочности применяемой ленты, конвейеры могут комплектоваться промежуточными приводами.

Ленточные конвейеры для поточного производства (рис. 3.28) применяются для пооперационного перемещения изделий в поточном производстве швейной продукции, приборов, часов и других изделий. Их отличительные особенности – объединение станины со столиками рабочих мест; полное ограждение всех движущихся частей; малая скорость движения (0,2–0,5 м/с). Конвейер имеет резиноканевую ленту шириной 400–800 мм, прямые роликоопоры или сплошной настил [2].

Привод – однобарабанный, приводной механизм размещается под барабаном, натяжное устройство – винтовое.

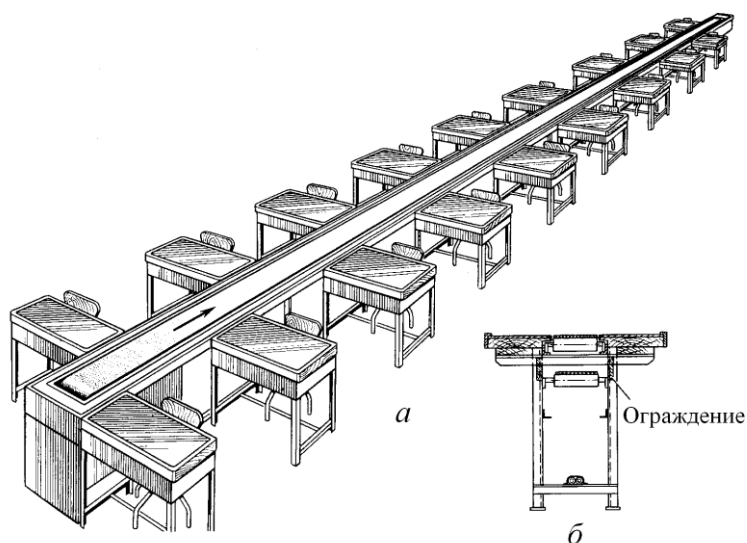


Рис. 3.28. Ленточный конвейер для пооперационного перемещения изделий между рабочими местами: *a* – общий вид; *б* – поперечное сечение

Телескопические ленточные конвейеры – это конвейеры с переменной длиной транспортирования при одной и той же длине общего замкнутого контура ленты. Длина конвейера (рис. 3.29) изменяется путем перемещения комплекта отклоняющих и натяжных барабанов [2].

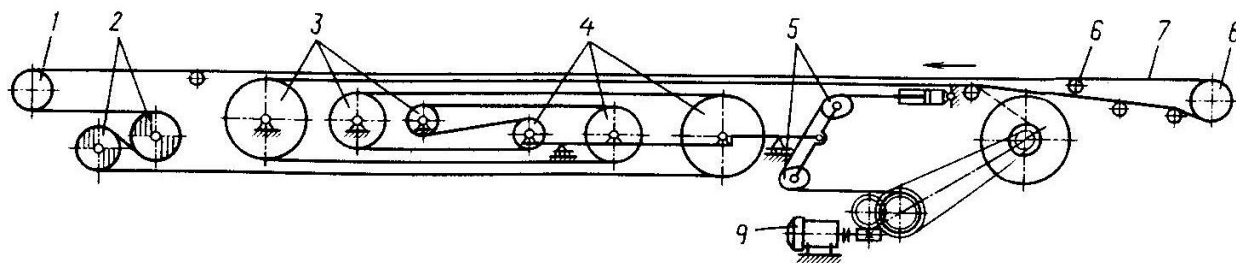


Рис. 3.29. Схема телескопического ленточного конвейера:

- 1 – передний барабан; 2 – привод; 3 – неподвижные барабаны; 4 – подвижные барабаны;
- 5 – натяжное устройство; 6 – роликоопоры; 7 – лента; 8 – задний концевой барабан;
- 9 – привод телескопического устройства

Ленточные конвейеры для крупнокусковых грузов имеют высокую производительность (до 3500 т/ч) и большую протяженность трассы. Пере-

мещают грузы с кусками размером 600–800 мм, массой до 500 кг. Имеют прорезиненную ленту повышенной надежности и высокой амортизирующей способности [2].

Имеют специальное загрузочное устройство, способное принимать нагрузки от падения тяжелых грузов; комплект роlikоопор, закрепленных на упругой станине. Привод и натяжное устройство – общего типа.

Загрузка производится пластинчатым или кареточным питателем, на направляющей стенке загрузочного устройства установлена решетка для просева мелочи.

Ленточные конвейеры с бесконтактной опорой ленты на воздушной подушке (под действием давления воздуха), на магнитной подушке (под действием магнитного поля) [2].

Бесконтактная опора ленты (рис. 3.30) обеспечивает экономию металла и расхода энергии, значительно снижает сопротивления движению ленты, упрощает ремонт и обслуживание, позволяет увеличить скорость перемещения, производительность и длину транспортирования.

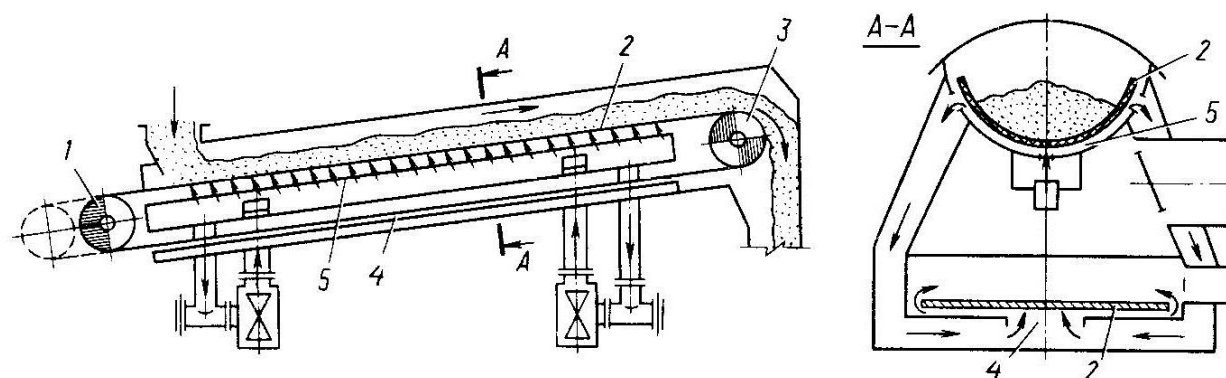


Рис. 3.30. Схема конвейера с лентой на воздушной опоре:

1 – натяжной барабан, 2 – лента, 3 – приводной барабан, 4, 5 – воздушные камеры

Преимущества воздушной опоры ленты: применение стандартной ленты; возможность перемещения грузов широкого ассортимента (кроме пылящих).

Недостатки воздушной опоры ленты: необходимость установки дополнительного оборудования; падение давления воздуха вдоль трассы (особенно при большой длине конвейера); дополнительный расход энергии на подачу воздуха; возможность нарушения поддержки ленты при местной перегрузке.

На ленточных конвейерах с магнитной опорой ленты вместо роlikоопор установлены постоянные пластинчатые электромагниты; лента имеет свойство постоянного магнита благодаря введению в обкладочную резину магнитного порошка и сохраняет свои свойства до 10 лет.

Преимущества магнитной опоры ленты: возможность применения серийно изготовленных электромагнитов; постоянное действие силы магнитов

вдоль всей трассы конвейера; отсутствие проводки; простота устройства опор; бесшумность и экономичность конструкции и обслуживания. Недостатки магнитной опоры ленты: использование специального устройства для магнитной опоры ленты; ограничение ассортимента транспортируемых грузов.

Ленточные конвейеры повышенной производительности. Повышение производительности конвейера наиболее эффективно достигается путем увеличения емкости ленты. Наибольшего увеличения производительности можно достичь использованием ленты с гофрированными бортами. Рабочая ветвь ленты с бортами опирается на прямые или желобчатые роликоопоры, обратная ветвь – на укороченные прямые или дисковые. Лента и борта очищаются вращающимися щетками.

Ленточные конвейеры безроликовые предназначены для транспортирования пылевидных продуктов и асбестовых концентратов с плотностью 0,2–1 т/м³ в горизонтальном и наклонном (до 12°) направлениях. Особенностью конвейера является то, что лента по направляющим движется внутри корпуса, состоящего из секций герметически соединенных между собой. Преимущества: герметичность конструкции, позволяющая транспортировать легкопылящие материалы; удобство эксплуатации и обслуживания благодаря простой конструкции.

Ленточные конвейеры с увеличенным углом наклона. Увеличить угол наклона возможно: увеличением коэффициента трения груза о поверхность движущейся ленты; повышением давления между грузом и лентой; устройством на ленте поперечных перегородок; созданием магнитного притяжения [2].

Существуют крутонаклонные двухленточные конвейеры (с грузонесущей и прижимной лентами) и трубчатые конвейеры (лента при помощи направляющих роликов свернута в трубу). Для увеличения коэффициента трения груза поверхность ленты выполняют с насечками.

Наибольшее распространение имеют рифленые ленты с шевронным расположением рифлей высотой 5–10 мм. Для мелкокусковых грузов применяют ленты с рифлями лопастеобразного очертания высотой 20–35 мм. Основное преимущество рифленой ленты – возможность использования на том же оборудовании, что и ленты с гладкой поверхностью. Очистка рифленой ленты производится вращающейся щеткой или гидросмывом.

Стыковка концов ленты производится в обычных вулканизационных прессах. Для крутонаклонного и вертикального транспортирования насыпных грузов применяют ленту с гофрированными бортами и перегородками, которые образуют замкнутую емкость.

Z-образные конвейеры (рис. 3.31) обеспечивают перемещение насыпных грузов в вертикальном и крутонаклонном направлениях.

Схемы трасс конвейеров (рис. 3.32): *ST*-образный – прямой с постоянным или изменяемым углом наклона; *L*-образный – наклонный с горизонтальным загрузочным участком; *Z*-образный – наклонный с горизонтальными

загрузочными и разгрузочными участками; *L*-образный – наклонный с горизонтальным разгрузочным участком.

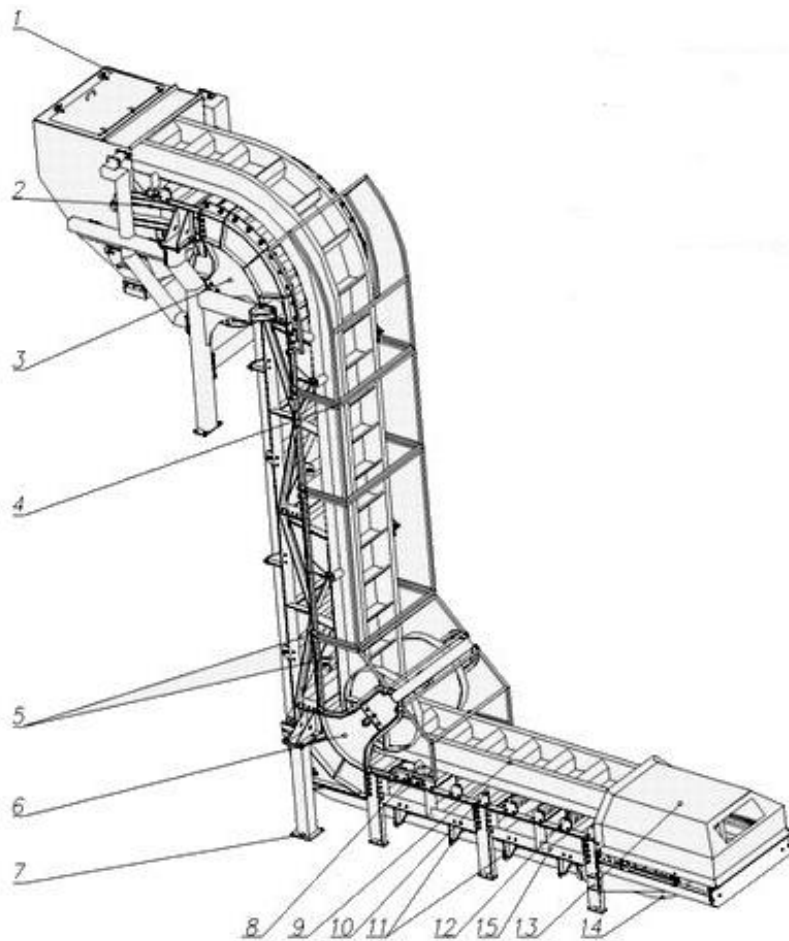


Рис. 3.31. Конструктивная схема Z-образного конвейера:
 1 – бункер; 2 – приводная станция; 3 – оголовок; 4 – сеточное ограждение;
 5 – успокаивающие ролики; 6 – прижимающая станция; 7 – опора;
 8 – дефлекторный ролик; 9 – лента с ребрами и гофробортом; 10 – ролик;
 11 – поддерживающие ролики; 12 – амортизирующий ролик;
 13 – кожух натяжной станции; 14 – натяжная станция; 15 – рама



Рис. 3.32. Схемы трасс Z-образных конвейеров

Трубчатые конвейеры. В своей основе трубчатый конвейер является усовершенствованной версией обычного ленточного конвейера, где конвейерная лента установлена таким образом, что в поперечном сечении образует контур почти правильной окружности, принимая трубообразную форму. Укрепленные на рамах в виде шестиугольника роlikоопоры окружают и

удерживают ленту на участках между приводной и разгрузочной, между возвратной и натяжной станциями.

Благодаря упругости ленты ее кромки соединены внахлестку и плотно прижаты друг к другу. Большая плотность соединения кромок защищает окружающую среду от загрязнения (просыпи или пыли), а груз – от воздействия природных факторов: ветра или осадков. Скопление груза под нижней ветвью там, где лента имеет трубообразную форму, исключено.

Перед приводным, натяжным и возвратным барабанами труба раскрывается, и лента, принимая плоскую форму, их свободно обегает. Полная закрытость конвейера предупреждает разбрасывание груза с грузовой и потерю с возвратной ветвей, т. к. с роликоопорами контактирует только чистая сторона ленты. Закрытая система обеспечивает экологическую приспособленность к окружающей среде и возможность устройства трассы с изгибами в трехмерном пространстве, а также гарантирует надежную транспортировку грузов разного объемного веса, влажности, размера частиц.

Свойство конвейерной ленты, сформированной в трубу, допускать изгиб в трехмерном пространстве, дает возможность проектировать конвейерную систему на базе непрерывной ленты, без дополнительных пересыпных станций. Скорость трубчатой конвейерной ленты может значительно превышать скорость обычной ленты.

Трубчатая форма обеспечивает: меньшее провисание между соседними роликоопорами; герметизацию груза, исключая просыпи. Трубчатый конвейер имеет много общего с обычным ленточным конвейером: привод, НУ и разгрузочное устройство являются одинаковыми, возможна промежуточная загрузка и разгрузка; при транспортировании липких грузов требуются очистные устройства, энергопотребление ниже, чем у обычного конвейера.

3.3 Ленточные конвейеры с металлическими лентами

Ленточные конвейеры со стальной лентой. Применяются на предприятиях пищевой промышленности; при производстве бетонных плит, листов пластмассы, в моечных, сушильных, холодильных установках. Углы наклона конвейера со стальной лентой (разд. 2.1.2) на 2–5° меньше, чем у конвейеров с прорезиненной лентой, концевые и отклоняющие барабаны большего диаметра. Концы стальной ленты (разд. 2.1.2) соединяют внахлестку заклепками или сваркой.

Ленточные конвейеры с проволочной лентой подобны конвейерам с прорезиненной лентой, но имеют проволочную ленту различных типов (Лекция 2, разд. 2.1.2), применяются для транспортирования штучных и кусковых грузов через закалочные, нагревательные, обжиговые и сушильные печи; для выпечки хлебных и кондитерских изделий; в моечных, обезвоживающих, охладительных, сортировочных и других установках.

Контрольные вопросы

1. Назначение ленточных конвейеров, области их применения, устройство и принцип действия.
2. Основные конструктивные схемы, устройство и назначение роlikоопор.
3. Приводы ленточных конвейеров, их конструктивные схемы, достоинства и недостатки.
4. Условия, от которых зависит тип и место расположения приводов.
5. Барабаны ленточных конвейеров. Материалы для их изготовления и футеровки. Как рассчитываются и от чего зависят геометрические размеры барабанов?
6. Что такое тяговый фактор, каким образом можно увеличить тяговую способность приводного барабана?
7. Загрузочные устройства и способы загрузки ленточных конвейеров.
8. Конструкции разгрузочных устройств и способы разгрузки ленточных конвейеров.
9. Натяжные устройства ленточных конвейеров, типы и разновидности, места установки. От чего зависит выбор типа натяжного устройства?
10. Очистные устройства и способы очистки конвейерных лент, разновидности и конструктивное исполнение очистных устройств, места установки.
11. Исходные данные для расчета ленточного конвейера. От чего зависит выбор типоразмера конвейерной ленты и роlikоопор?
12. Определение сил сопротивления движению на горизонтальных и наклонных участках.
13. Как производится уточненный тяговый расчет?
14. Последовательность монтажа ленточных конвейеров.

ЛЕКЦИЯ 4. ЦЕПНЫЕ КОНВЕЙЕРЫ

План лекции

4.1 Пластинчатые конвейеры

4.1.1 Пластинчатые конвейеры общего назначения

4.1.1.1 Общее устройство, назначение и области применения

4.1.1.2 Элементы пластинчатых конвейеров

4.1.1.3 Расчет конвейеров

4.1.1.4 Монтаж пластинчатых конвейеров

4.1.1.5 Технический осмотр и ремонт элементов пластинчатых конвейеров

4.1.2 Пластинчатые конвейеры специального назначения

4.1.2.1 Общее устройство, назначение, области применения

4.1.2.2 Изгибающиеся пластинчатые конвейеры с пространственной трассой

4.1.2.3 Разливочные машины

4.1.2.4 Пассажирские транспортирующие машины

4.1.3 Эскалаторы

Контрольные вопросы

4.2 Скребковые конвейеры

4.2.1 Конвейеры со сплошными высокими скребками

4.2.1.1 Общее устройство, основные элементы и технические параметры

4.2.1.2 Расчет скребковых конвейеров

4.2.2 Конвейеры со сплошными низкими скребками

4.2.3 Конвейеры с контурными скребками

4.2.4 Трубчатые скребковые конвейеры

4.2.5 Канатно-дисковые и штанговые конвейеры

Контрольные вопросы

4.3 Скребково-ковшовые, ковшовые и люлечные конвейеры

4.3.1 Основные типы, устройство, назначение и применение

4.3.2 Скребково-ковшовые конвейеры

4.3.3 Ковшовые конвейеры

4.3.3.1 Элементы конвейеров, выбор основных параметров

4.3.3.2 Особенности расчета ковшового конвейера

4.3.4 Люлечные конвейеры

Контрольные вопросы

4.4 Подвесные, тележечные, грузоведущие, штанговые и шагающие конвейеры

4.4.1 Подвесные конвейеры. Основные типы и конструктивные особенности, классификация, принцип действия

4.4.1.1 Подвесные грузонесущие конвейеры

4.4.4.2 Подвесные грузотолкающие конвейеры

4.4.4.3 Подвесные несущие-толкающие конвейеры

4.4.4.4 Подвесные грузоведущие конвейеры

4.4.4.5 Подвесные несущие-грузоведущие конвейеры

4.4.2 Тележечные грузонесущие конвейеры

4.4.3 Грузоведущие и шагающие (шаговые) конвейеры

4.4.3.1 Грузоведущие вертикально замкнутые конвейеры

4.4.3.2 Штанговые конвейеры

4.4.3.3 Шагающие конвейеры

Контрольные вопросы

4.1 Пластинчатые конвейеры

Пластинчатыми конвейерами называют машины непрерывного действия, грузонесущим элементом которых является жесткий металлический или деревянный, пластмассовый, резиноканевый настил (полотно), состоящий из отдельных пластин; тяговым элементом является одна или две пластинчатые цепи, огибающие концевые (приводную и натяжную) звездочки.

Пластинчатые конвейеры используют для транспортирования в горизонтальном и наклонном направлениях насыпных и штучных грузов в машиностроительной, химической, горнорудной, энергетической и других отраслях промышленности.

На пластинчатых конвейерах можно перемещать крупнокусковые и абразивные материалы, а также тяжелые штучные грузы. Одновременно с процессом транспортирования грузы-изделия могут подвергаться технологическим операциям (закалке, отпуску, охлаждению, мойке, окраске, сушке и др.)

Пластинчатые конвейеры классифицируют по конструкции настила, конфигурации трассы и назначению. По назначению различают стационарные и передвижные пластинчатые конвейеры.

4.1.1 Пластинчатые конвейеры общего назначения

В зависимости от конструкции настила и тяговой цепи и конфигурации трассы (рис. 4.1) различают пластинчатые конвейеры общего назначения (вертикально замкнутые); изгибающиеся (с пространственной трассой) и специального назначения (разливочные машины, эскалаторы, пассажирские, конвейеры с настилом сложного профиля).

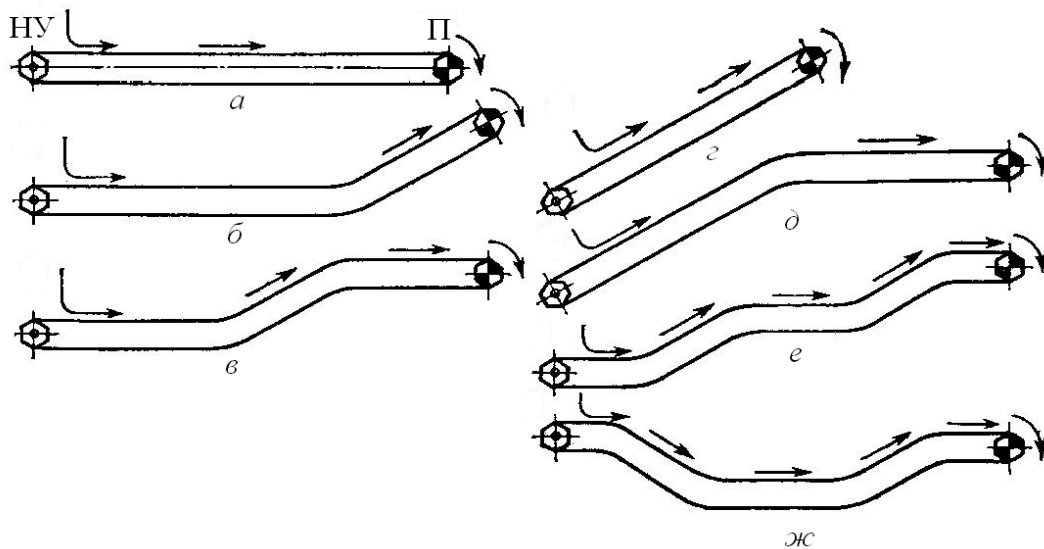


Рис. 4.1. Схемы трасс пластинчатых конвейеров:
а – горизонтальная; *б* – горизонтально-наклонная; *г* – наклонная;
д – наклонно-горизонтальная; *в, е, ж* – сложная

Наиболее широкое применение получили пластинчатые стационарные, вертикально замкнутые конвейеры с прямолинейными трассами, которые являются конвейерами общего назначения. В металлургической промышленности их используют для подачи крупнокусковой руды и горячего агломерата; на химических заводах и при производстве строительных материалов – для перемещения крупнокусковых нерудных материалов; на тепловых электростанциях – при подаче угля; в машиностроении – для транспортирования горячих поковок, отливок, опок, отходов штамповочного производства; на поточных линиях сборки, охлаждения, сушки, сортирования и химической обработки.

Передвижные пластинчатые конвейеры используют на складах, погрузочно-разгрузочных, сортировочных и упаковочных пунктах для перемещения тарно-штучных грузов.

Специальные пластинчатые конвейеры, в том числе и изгибающиеся с пространственной трассой, используют в горно-рудной и угольной промышленности для транспортирования на дальние расстояния руды и угля.

4.1.1.1 Общее устройство, назначение и области применения

К преимуществам пластинчатых конвейеров по сравнению с ленточными относятся: возможность транспортирования тяжелых крупнокусковых, острокромочных и горячих грузов; спокойный и бесшумный ход; возможность загрузки без применения питателей; большая продолжительность трассы с наклонными участками и малыми радиусами переходов и обеспечение бесперегрузочного транспортирования; возможность установки промежуточных приводов; высокая производительность при небольшой скорости движения; возможность использования конвейеров в технологических процессах и

поточных линиях при высоких и низких температурах.

Недостатками пластинчатых конвейеров являются: большая масса настила и цепей и их высокая стоимость; наличие большого количества шарниров цепей, требующих дополнительного обслуживания; сложность замены изношенных катков тяговых цепей; большие сопротивления движению.

Пластинчатый конвейер (рис. 5.2) имеет станину, на концах которой установлены две звездочки – приводная 3 с приводом и натяжная с натяжным устройством 4. Бесконечный настил 1, состоящий из отдельных пластин, закрепляется к ходовой части, состоящей из одной или двух тяговых цепей 2, которые огибают концевые звездочки и находятся в зацеплении с их зубьями.

Вертикально замкнутые тяговые цепи движутся вместе с настилом по направляющим путям станины вдоль продольной оси конвейера. Конвейер загружается через одну или несколько воронок 5 в любом месте трассы, а разгружается через концевую звездочку и воронку. Промежуточная разгрузка возможна только для пластинчатых конвейеров с безбортовым плоским настилом. Скорость их движения составляет до 1,25 м/с.

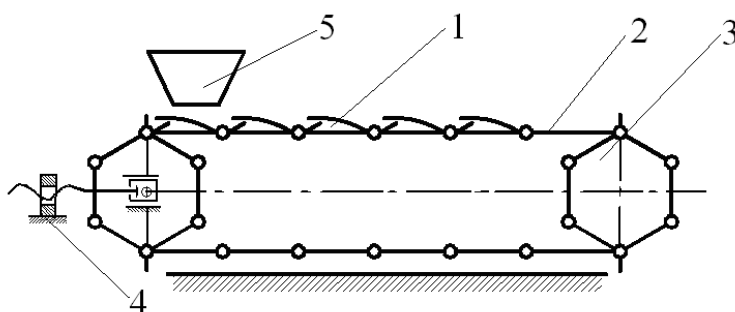


Рис. 4.2. Пластинчатый конвейер:

1 – настил; 2 – тяговая цепь; 3 – приводная звездочка;
4 – натяжное устройство; 5 – загрузочный бункер

Основные параметры пластинчатых конвейеров общего назначения установлены ГОСТ 22281-92: ширина настила: 400; 500; 650; 800; 1000; 1200; 1400; 1600 мм; число зубьев звездочек: 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13; скорость движения: 0,01; 0,016; 0,025; 0,04; 0,05; 0,063; 0,08; 0,1; 0,125; 0,16; 0,2; 0,25; 0,315; 0,4; 0,5; 0,63; 0,8; 1,0 м/с.

Угол наклона полотна пластинчатого конвейера обычно составляет 35–60° и зависит от характеристики транспортируемого груза и типа настила. При транспортировании штучных грузов и наличии на настиле поперечных грузодерживающих планок угол наклона конвейера может быть увеличен.

4.1.1.2 Элементы пластинчатых конвейеров

Тяговым элементом обычно служат пластинчатые цепи:

ПВ – пластинчатые втулочные;

ПВР – пластинчатые втулочно-роликовые;

ПВК – пластинчатые втулочно-катковые с гладкими катками;
 ПВКГ – пластинчатые втулочно-катковые с гребнями на катках;
 ПВКП – пластинчатые втулочно-катковые с подшипниками качения у катков

В качестве тягового элемента могут быть использованы втулочные, роликовые и круглозвенные цепи. Конвейеры с шириной настила более 400 мм имеют две тяговые цепи, легкие конвейеры (с шириной настила менее 400 мм) – одну цепь.

Опорными элементами у пластинчатых втулочно-катковых цепей являются ходовые катки, передающие нагрузку от настила и транспортируемого груза на направляющие пути (на конвейерах тяжелых типов применяют катки на подшипниках качения).

В конвейерах с втулочными и роликовыми цепями и гладким настилом опорными элементами служат стационарные роликовые опоры, закрепленные на станине конвейера. В конвейерах легкого типа с шириной настила 80–200 мм цепь могут объединять с настилом, скользящим по направляющим металлическим или пластмассовым путям.

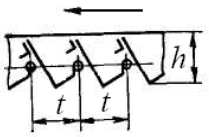
Настил является грузонесущим элементом конвейера. Настил выполняется с бортами и без бортов и имеет различную конструкцию в зависимости от характеристики транспортируемого груза (табл. 4.1) [2].

Таблица 4.1

Типы настилов пластинчатых конвейеров

Конструктивная схема настила	Тип конвейера	Область применения
1	2	3
	Плоский разомкнутый ПР	Транспортирование штучных грузов
	Плоский сомкнутый ПС	Транспортирование штучных и насыпных (кусковых) грузов
	Безбортовой волнистый В	
	Бортовой волнистый БВ	Транспортирование насыпных и штучных грузов

Окончание табл. 4.1

1	2	3
	Коробчатый мелкий КМ	Транспортирование насыпных грузов
	Коробчатый глубокий КГ	
	Плоский петлевой	Транспортирование стальных листовых отходов и металлической стружки

Плоский настил изготавливают из деревянных планок, стальных или полиуретановых пластин; для обеспечения надежного положения груза настил снабжают фасонными накладками или упорами. Волнистый настил обеспечивает надежное перекрытие соседних пластин, увеличивает жесткость и прочность полотна, повышает сцепление грузов с поверхностью конвейера, уменьшает их просыпание между пластинами и обеспечивает перемещение грузов под большими углами наклона.

Швеллерный настил применяется для транспортирования крупных горячих отливок и штамповок, обеспечивает прочность и жесткость полотна и облегчает его очистку. Настил изготавливают методом штамповки и сварки стальных листов толщиной 4–10 мм. Пластины настила крепят на болтах, заклепках или приваривают к специальным уголкам, которые крепятся к пластинам тяговых цепей.

Основными размерами настила являются его ширина B и высота бортов h . Нормальный ряд ширины настила: 400, 500, 650, 800, 1000, 1200, 1400, 1600 мм; высота бортов: 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 355, 400, 450 и 500 мм.

Привод пластинчатого конвейера – угловой или прямолинейный (гусеничный) (разд. 2.4), состоит из приводных звездочек, передаточного механизма (редуктора или редуктора с дополнительной передачей) и электродвигателя. На конвейерах, имеющих наклонный участок трассы, устанавливают стопорное устройство или электромагнитный тормоз. Передаточным механизмом привода служит один редуктор или редуктор с зубчатой или цепной передачей. Мощные конвейеры большой производительности и длины имеют несколько приводов.

Натяжные устройства. На пластинчатых конвейерах устанавливаются винтовые (наибольшее распространение) или пружинно-винтовые натяжные устройства (на тяжело нагруженных конвейерах значительной длины со ско-

ростями более 0,25 м/с). НУ устанавливаются на концевых звездочках и имеют ход равный не менее 1,6–2 шага цепи, $X = 320–2000$ мм.

Одна из звездочек НУ закрепляется на валу на шпонке, другая – свободно для возможности самоустановки по положению шарниров цепи.

Станина пластинчатого конвейера изготавливается из угловой или швеллерной стали. Концевые части выполняют в виде отдельных рам для привода и НУ, среднюю часть – в виде отдельных секций металлоконструкции длиной 4–6 м.

4.1.1.3 Расчет пластинчатых конвейеров

Расчет пластинчатых конвейеров проводится в два этапа: предварительное (ориентировочное) определение основных параметров; поверочный расчет. Исходными данными для расчета являются:

- производительность;
- конфигурация трассы;
- характеристика транспортируемого груза;
- скорость движения полотна;
- режим работы.

В соответствии с ГОСТ22281–92 выбирается тип конвейера и тип настила. Настил применяется трех типов:

- легкий – при насыпной плотности транспортируемого груза $\rho < 1 \text{ т/м}^3$;
- средний – при $\rho = 1–2 \text{ т/м}^3$;
- тяжелый – при $\rho > 2 \text{ т/м}^3$.

Высота бортов h бортового настила для насыпных грузов выбирается из нормального ряда (по справочнику), для штучных грузов $h = 100–160$ мм.

Угол наклона конвейера зависит от типа настила и характеристики перемещаемого груза (табл. 4.2), выбранный угол наклона конвейера должен удовлетворять условию $\beta \leq \varphi_1 - (7–10^\circ)$, где φ_1 – угол естественного откоса груза в движении.

Таблица 4.2

Рекомендации к выбору типа настила
пластинчатого конвейера

Тип настила	Угол наклона конвейера β (°)
Гладкий без бортов	$\beta' - 9$
Волнистый без бортов	$\beta' - 5$
Коробчатый без бортов	35
Гладкий с бортами	$\beta' - 6$
Волнистый с бортами	$\beta' - 3$
Коробчатый с бортами	35

β' – угол трения груза о настил

На настиле без бортов насыпной груз располагается по треугольнику (рис. 4.3) так же, как на ленточном конвейере с прямыми роlikоопорами; B – ширина настила, $b = 0,85B$, φ – угол естественного откоса груза в покое (угол естественного откоса груза в движении $\varphi_1 = 0,4 \varphi$).

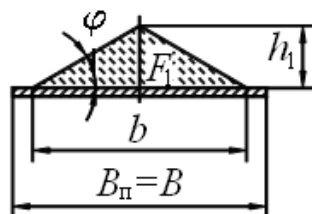


Рис. 4.3. Расположение насыпного груза на плоском настиле

Площадь сечения насыпного груза на настиле без бортов

$$F_1 = \frac{bh_1c_2}{2} = \frac{c_2b^2tg\varphi_1}{4} \quad (4.1)$$

где h_1 – высота треугольника;

c_2 – коэффициент, учитывающий уменьшение площади на наклонном конвейере (табл. 4.3).

Производительность конвейера

$$Q_n = 3600F_1\rho v = 648B_n^2c_2v\rho tg\varphi_1, \quad (4.2)$$

где ρ – плотность груза, т/м³;

v – скорость конвейера, м/с;

B_n – ширина настила без бортов.

Таблица 4.3

Значения коэффициента c_2

Угол наклона конвейера, град	Тип настила	
	Без бортов	С бортами
До 10	1,00	1,00
10–20	0,90	0,95
Более 20	0,85	0,90

Ширина настила без бортов

$$B_n = \sqrt{\frac{Q_n}{648c_2v\rho tg\varphi_1}} \quad (4.3)$$

Производительность при настиле с бортами (рис. 4.4)

$$Q_6 = 3600Fv\rho. \quad (4.4)$$

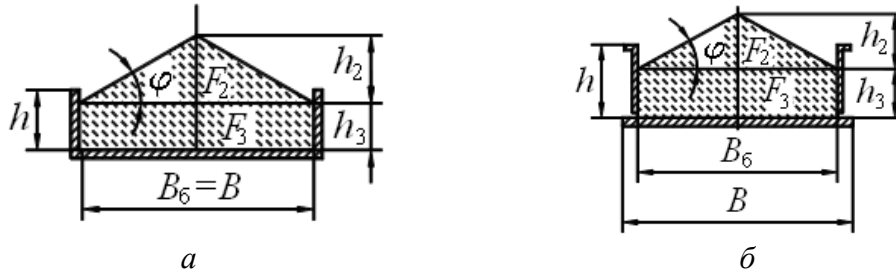


Рис. 4.4. Типы бортовых настилов:
а – с подвижными бортами; б – с неподвижными бортами

Площадь сечения груза на настиле с бортами

$$F = F_2 + F_3 = 0,25B_6^2 k_{\beta} \operatorname{tg}\varphi_1 + B_6 h \psi, \quad (4.5)$$

где B_6 – ширина настила с бортами, м;

$\psi = 0,65-0,8$ – коэффициент наполнения сечения настила.

Полученную ширину настила проверяют по условию кусковатости $B \geq X_2 a + 200$ мм, где X_2 – коэффициент кусковатости. Для сортированного груза $X_2 = 2,7$; для рядового груза $X_2 = 1,7$.

Окончательно выбранные значения ширины настила округляются до ближайших значений в соответствии с нормальным рядом.

Для штучных грузов ширину настила выбирают по габаритным размерам груза, способу его укладывания и количеству, при этом зазор между грузами должен составлять 100–300 мм.

Тяговый расчет. В ходе тягового расчета определяют силы сопротивления и натяжения цепей на отдельных участках трассы.

Максимальное натяжение цепей рассчитывается путем последовательного определения сопротивлений на отдельных участках, начиная от точки наименьшего натяжения.

Минимальное натяжение принимают равным не менее 500 Н на одну цепь (обычно $S_{\min} = 1-3$ кН) [1].

Линейную силу тяжести настила с цепями q_0 (Н/м) определяют по справочникам и каталогам, обычно

$$q_0 \approx 600 B + A, \quad (4.6)$$

где A – коэффициент, принимаемый в зависимости от типа и ширины настила.

Линейная сила тяжести груза (Н/м)

$$q_{\Gamma} = \frac{gQ}{3,6v} = \frac{2,73Q}{v}. \quad (4.7)$$

Максимальное статическое натяжение цепей

$$S_{\max} = 1,05 \{ S_{\min} + \omega [(q_{\Gamma} + q_0)L_{\Gamma} + q_0 L_x] \pm (q_{\Gamma} + q_0)H \}, \quad (4.8)$$

где L_{Γ} и L_x – длины горизонтальной проекции загруженной и незагруженной ветвей конвейера, м;

H – высота подъема груза, м.

Знак «+» в формуле – для участков подъема, «-» – для участков спуска.

Полное расчетное усилие

$$S_{\max} = S_{\text{ст}} + S_{\text{дин}}, \quad (4.9)$$

где $S_{\text{ст}}$ – статическое натяжение тяговых цепей, Н;

$S_{\text{дин}}$ – динамические нагрузки в тяговых цепях, Н.

Если тяговый элемент состоит из двух цепей, то расчетное усилие на одну цепь учитывается коэффициентом неравномерности ее распределения $C_n = 1,6-1,8$.

Расчетное усилие одной цепи $S_{\text{расч}} = S_{\max}$, двух цепей $S_{\text{расч}} = (1,5S_{\max}) / 2$.

Окружное усилие на звездочке

$$P = \sum W = S_{\text{ст}} - S_0, \quad (4.10)$$

где $S_{\text{ст}}$ – наибольшее статическое усилие в тяговых цепях в точке набегания на приводные звездочки, полученное методом обхода по контуру, Н;

S_0 – натяжение цепей в точке сбегания с приводной звездочки, Н.

Мощность привода конвейера

$$N_{\text{в}} = Q L_{\Gamma} \omega / 367, \quad (4.11)$$

где Q – производительность, т/ч;

L_{Γ} – горизонтальная проекция длины, м;

ω_0 – обобщенный коэффициент сопротивления движению.

Далее производится выбор двигателя, определение передаточного числа и выбор редуктора; определение фактической скорости движения и уточнение производительности; определение статического тормозного момента (для наклонных конвейеров); расчет тормозного момента; определение хода натяжного устройства [5].

Поверочный расчет включает уточненный тяговый расчет методом обхода по контуру; проверку выбранной тяговой цепи; проверку рассчитанной мощности привода; выбор типа натяжного устройства.

4.1.1.4 Монтаж пластинчатых конвейеров.

Последовательность этапов монтажа пластинчатого конвейера [7]:

- разбивка осей и установка средней части става конвейера;
- установка опорных конструкций или рельсов (для катков цепи) при обеспечении допусков не более 1–2 мм;
- установка привода и натяжной станции при обеспечении горизонтальности и перпендикулярности осей конвейера и приводного вала;
- по приводному валу ориентируют другие элементы привода (открытые передачи, редуктор и электродвигатель), обеспечивая строгую соосность валов;
- тщательной проверке подлежит ходовая часть;
- опробование начинают продвижением ходовой части на 5–10 м вручную или от электродвигателя;
- обкатка конвейера вхолостую в течение 3–4 часов:
 - конвейер должен работать плавно, без стуков, ударов и вибраций;
 - зацепление цепи должно быть плавным;
 - соседние пластины должны свободно проворачиваться на звездочках и криволинейных участках;
 - температура нагрева редуктора и подшипников скольжения должна быть не более 70°, нагрева подшипников качения не должно быть;
- обкатка под нагрузкой (в течение 12 часов)
 - производят те же проверки, что и при обкатке вхолостую;
 - регулируют расположение загрузочного устройства;
 - устраняют просыпание грузов на рабочие поверхности рельсов и в зазоры между пластинами;
 - регулируют работу НУ для предотвращения смещения полотна

4.1.1.5 Технический осмотр и ремонт элементов пластинчатых конвейеров.

Технический осмотр (ТО) тяговых цепей предусматривает их систематический осмотр, текущий ремонт, очистку и смазку. В процессе осмотра выявляют: состояние деталей, посадок в соединениях; подвижность роликов и катков [7].

Невращающиеся ролики и катки с лысками на поверхности качения подлежат замене, ослабленные болтовые соединения звеньев и креплений рабочих органов должны быть затянуты.

ТО звездочек выявляет износ по боковым поверхностям зубьев: звездочка подвергается ремонту или замене; устраняется сбег полотна.

ТО грузонесущих элементов предусматривает их осмотр и устранение повреждений, затрудняющих эксплуатацию: выявляют наличие остаточных деформаций, надежности крепления к тяговому органу, износ; деформированные пластины исправляют или заменяют, регулируют зазоры между ними, ослабленные соединения подтягивают.

4.1.2 Пластинчатые конвейеры специального назначения

4.1.2.1 Общее устройство, назначение, области применения.

Пластинчатые конвейеры специального назначения состоят из тех же основных элементов, что и пластинчатые конвейеры общего назначения (тяговые элементы, полотно или настил, привод, натяжное устройство), однако, имеют некоторые конструктивные особенности в зависимости от применения и использования в производственных и технологических процессах.

4.1.2.2 Изгибающиеся пластинчатые конвейеры с пространственной трассой.

Перемещают насыпные и штучные грузы по трассе с перегибами настила, как в вертикальной, так и в горизонтальной плоскостях (рис. 4.5). Применяются в угледобывающей и других отраслях промышленности, в аэропортах для перемещения багажа [2].

Основным преимуществом изгибающихся пластинчатых конвейеров является бесперегрузочное транспортирование по сложной трассе; недостатком – сложность конструкции и эксплуатации.

Тяговым элементом изгибающегося пластинчатого конвейера являются одна или две специальные пластинчатые или круглозвенные цепи (рис. 4.6).

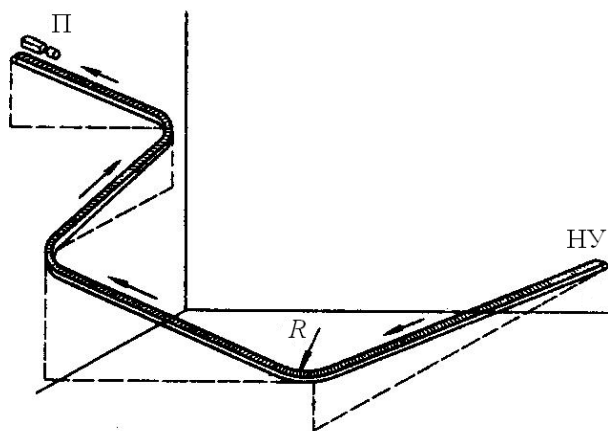


Рис. 4.5. Схема трассы изгибающегося пластинчатого конвейера

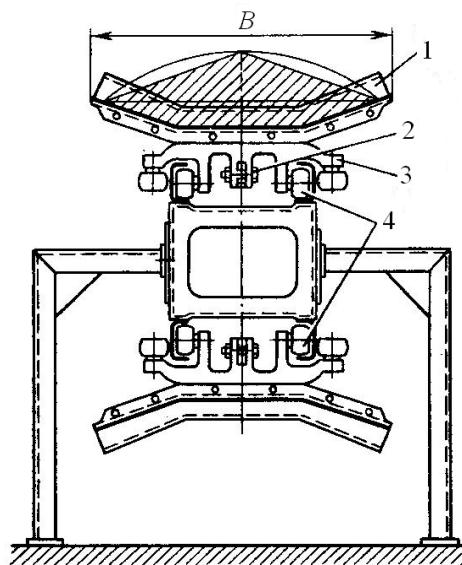


Рис. 4.6. Пластинчатый конвейер с пространственной трассой:
1 – настил; 2 – цепь;
3 – опорное устройство; 4 – каток

Настил изготавливают из металлических пластин с резиновыми элементами, имеющими плоские фрагменты и фигурные складки, что обеспечивает малые радиусы поворота и большие углы наклона трассы. Опорные катки обеспечивают движение настила на горизонтальных участках, направляющие катки – повороты настила.

Основные параметры изгибающихся пластинчатых конвейеров: радиусы горизонтальных поворотов для одноцепных конвейеров составляют 4–7,5 м, для двухцепных – 10–15 м; ширина настила 400–1400 мм; привод – угловой или гусеничный; НУ – пружинно-винтовое.

Промежуточная разгрузка может выполняться путем поперечного наклона настила.

4.1.2.3 Разливочные машины.

Представляют собой конвейер, в котором настил состоит из литых мульд, последовательно заливаемых жидким металлом при медленном движении конвейера [2].

Разливочные машины используют для разливки цветных металлов (меди, олова, свинца), а также чугуна в доменных цехах.

Длина и скорость движения выбирается таким образом, чтобы к подходу мульд к концу конвейера залитый металл (в виде чушек) успел охладиться и был готовым к разгрузке. Для охлаждения в процессе перемещения мульды поливают водой.

Основные параметры разливочных машин: длина транспортирования – до 45 м, скорость перемещения $v = 0,1–0,2$ м/с, производительность до 120 т/ч.

4.1.2.4 Пассажирские транспортирующие машины.

Пассажирские транспортирующие машины классифицируют на машины циклического и непрерывного действия.

К пассажирским транспортирующим машинам циклического действия относятся лифты пассажирские, грузопассажирские, больничные и специальные, шахтные подъемники, маятниковые канатные дороги, фуникулеры; к машинам непрерывного действия: эскалаторы, пассажирские конвейеры, многокабинные подъемники, патерностеры, кресельные канатные дороги и др.

Скорость кабин и вагонов машин циклического действия значительно выше, чем у машин непрерывного действия; однако, производительность и пропускная способность машин непрерывного действия значительно выше, чем машин циклического действия.

Пассажирский лифт представляет собой кабину (купе), подвешенную на стальных канатах в вертикальной шахте. Канат приводится в движение лебедкой, установленной в машинном отделении, кабина и поднимаемый груз уравновешиваются противовесом. Кабина движется по направляющим, укрепленным на стенках шахты со скоростью 1–4 м/с, вместимость кабины 4–20 человек.

Скоростные лифты могут поднимать до 60 человек со скоростью 5–7 м/с. Основным показателем комфортности лифта являются виброакустические характеристики кабины во время движения, зависящие от качества лебедки.

Грузовые лифты имеют повышенную прочность кабины и предназначены для перевозки крупногабаритного груза в производственных и административных зданиях, складах, гаражах, магазинах, ресторанах и др.

Фуникулер – это подъемник циклического действия, состоящий из двух вагонов подвешенных на канатах к лебедке, совершающих маятниковое движение по наклонному рельсовому пути. Фуникулер используется на крутых подъемах (до 35°).

Патерностер представляет собой многокабинный пассажирский подъемник непрерывного действия, состоящий из движущихся друг за другом кабин без дверей, подвешенных шарнирно на двух цепях, расположенных по диагонали кабины. Посадка и высадка пассажиров происходит во время движения. Вместимость кабины составляет 1–3 чел, скорость движения не более 0,3 м/с.

Пассажирские конвейеры представляют собой ленточные конвейеры с обрешеченной с двух сторон стальной лентой или пластинчатые конвейеры с сомкнутым безбортовым настилом (рис. 4.7).

Используются в местах больших и разветвленных пассажиропотоков (аэропортах, супермаркетах, выставочных комплексах).

Основными характеристиками пассажирских конвейеров являются: угол наклона – до 12°; скорость движения настила 0,4–0,95 м/с; ширина настила 0,8–1,2 м; ресурс до 100-150 тыс. км; уровень звукового давления не более 80 дБ.

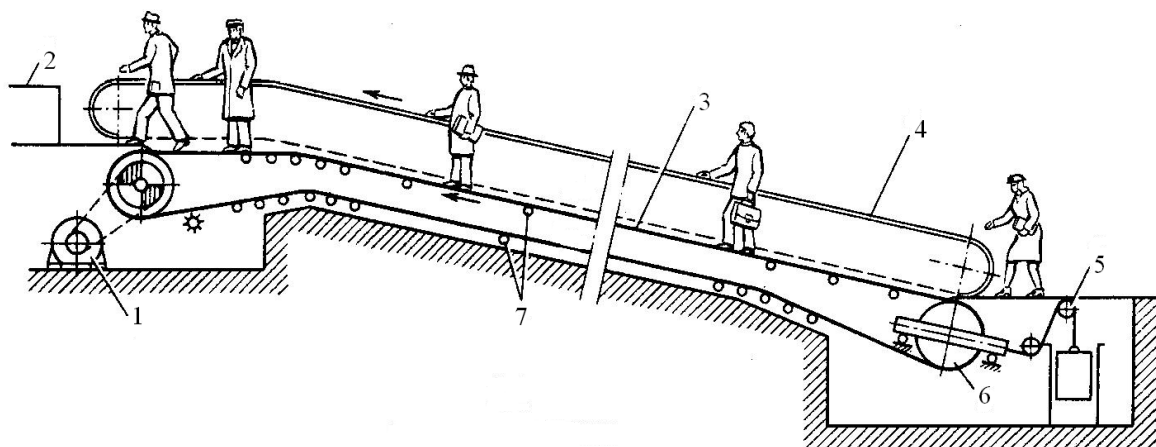


Рис. 4.7. Схема пассажирского конвейера:
1 – привод; 2 и 5 – входные площадки; 3 – лента (полотно); 4 – поручень;
6 – натяжное устройство; 7 – роликоопоры

4.1.3 Эскалаторы

Прототипом современного эскалатора является обычный конвейер для перемещения различных грузов.

Первый патент на изобретение «непрерывной лестницы» получил Натан Эймс из американского штата Массачусетс в 1859 г.

Впервые «движущаяся лестница для транспорта людей» была запатентована в Нью-Йорке в 1882 году. Она представляла собой наклонное полотно, состоящее из ряда пластин с продольными рейками, и имела только наклонный участок. Входные площадки были установлены непосредственно с торцов наклона.

Почти сорок лет создавались технологии для реализации увлекательной идеи непрерывного перемещения людей между этажами зданий. И как только в 1896 г. Джесси В. Рено продемонстрировал миру наклонный (25°) пассажирский конвейер, произошел качественный скачок: на Всемирной выставке в Париже в 1900 г. было представлено 29 аналогичных подъемников, в их числе машина, изготовленная лифтовой компанией «Otis», названная необычным красивым словом эскалатор (от лат. *scala* – лестница, и *elevator* – поднимающий).

Большинство представленных подъемников имело плоское полотно, образующее наклонную движущуюся дорожку. Исключение составляло ступенчатое полотно эскалаторов. Однако эти эскалаторы не имели настилов на ступеньках, и пассажиры должны были выходить не с торца, а сбоку эскалатора. Уже до первой мировой войны новинкой охотно пользовались крупные универсальные магазины США, Франции, Англии. А в 1911 г. первые эскалаторы были установлены в метрополитене на Лондонской линии Пикадилли.

Началом отечественного эскалаторостроения можно считать принятие в 1931 году решения о сооружении метрополитена в г. Москве. В России об эскалаторах впервые задумались тогда, когда стало ясно, что первая линия строящегося Московского метро пройдет на глубине от 10 до 30 м. Как доставлять пассажиров к поездам на такую глубину? В условиях метрополитена с его колоссальной пропускной способностью обычные лестницы выглядели бы смешно.

Лифт также не удовлетворял проектировщиков. Движение его прерывисто, он захлебнулся бы в условиях огромных людских потоков, стремящихся вверх и вниз. Известен был, скорее понаслышке, еще один вид механического подъемника – самодвижущаяся лестница – эскалатор. Движение его непрерывно, интервалов между подъемом и спуском отдельных групп людей нет совершенно. Каждую секунду освобождается новая ступенька, готовая принять двух человек, лестница движется плавно и мерно, как река.

Эскалатор привлекал к себе строителей еще одним преимуществом: он не требовал сооружений запасных пешеходных лестниц, потому что он сам по себе – лестница. Это значительно сокращало объем строительных работ.

При всех своих достоинствах эскалатор имел в глазах строителей метрополитена один серьезный недостаток: никто не знал, как его нужно строить.

Переговоры о поставках эскалаторов с немецкой фирмой «Karl Flohr» и Лондонским отделением «Otis» оказались безрезультатными, т. к. за поставку эскалаторов для первой очереди Московского метро они запросили непомерную для того времени цену – 4 млн. рублей золотом (200 тыс. золотых рублей за один эскалатор, 500 тыс. немецких марок за документацию). Советское правительство приняло решение – ориентироваться на собственные силы, что и стало толчком для развития отечественного эскалаторостроения.

Задача действительно была трудной: эскалатор был совершенно неизвестной машиной, литературы о нем достать не удалось. Несколько иностранных проспектов, картинки в рекламных каталогах, рассказы людей, поймавших эскалаторы за границей, – вот все, чем располагала группа советских инженеров, сумевшая в короткий срок создать отечественные эскалаторы, не имеющие равных аналогов по высоте подъема.

Эскалаторы предстояло соорудить очень солидные, самые крупные в мире, их высота по вертикали составляла от 22 до 30 метров. Любая ошибка в расчете даже маленькой детали могла нарушить взаимодействие всех узлов, тем более что монтаж эскалаторов производился уже в Москве, на самих станциях метрополитенов.

Однако сомнения оказались напрасными. В мае 1935 года состоялся торжественный пуск первой очереди метрополитена – все эскалаторы были запущены под пассажирскую нагрузку: эскалатор жил, двигался без скрежета, дребезжания и лязга.

Эти эскалаторы работают в Московском метро до сих пор. За рубежом подобные эскалаторы появились только в конце 50-х годов. На сложность выполненной работы указывает то, что эскалатор имеет более 150 тысяч узлов и деталей, такое же количество единиц крепления, 5 тыс. монтажных прокладок, а в изготовлении эскалаторов принимали участие 60 заводов.

Эскалатор является разновидностью пластинчатых конвейеров, относится к вертикальным подъемникам (горизонтальное перемещение является вынужденным) и представляют собой конвейер для перемещения пассажиров с одного уровня на другой. Рабочий орган эскалатора состоит из лестничного полотна и поручней, движущихся по замкнутой трассе (рис. 4.8).

Основные требования, предъявляемые к эскалаторам: минимальные габариты, малошумность, эффектная внешняя отделка, гармонирующая с интерьером здания.

Тоннельные эскалаторы предназначены для установки в метрополитенах и специальных объектах, имеют большую высоту, высокую скорость движения полотна и большую провозную способность, значительную массу и большие габаритные размеры.

Поэтажные эскалаторы предназначены для установки в административных зданиях, торговых центрах используются для подъема и спуска людей на небольшую высоту.

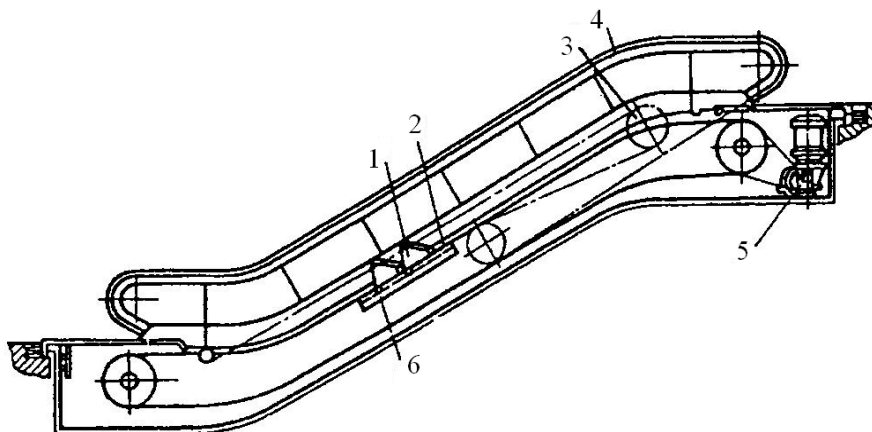


Рис. 4.8. Схема поэтажного эскалатора:

- 1 – ступени; 2 – тяговые цепи; 3 – привод поручней; 4 – поручневое устройство;
5 – привод лестничного полотна; 6 – направляющие ходовых катков ступеней

Привод эскалатора – редукторный, односторонний (в тоннельных – двухсторонний) с дополнительной цепной или зубчатой передачей. Тормоза должны обеспечивать плавную остановку загруженного эскалатора, ускорение при пуске и замедление при торможении – не более $0,6 \text{ м/с}^2$. В приводном механизме имеется вспомогательный привод для ремонта, натяжное устройство – пружинно-винтовое.

Все механизмы эскалатора монтируются на металлоконструкции (рис. 4.9). Привод тоннельных эскалаторов размещается в специальных машинных помещениях, натяжная станция – в натяжной камере; у поэтажных эскалаторов привод находится под входной площадкой или между ветвями лестничного полотна, натяжная камера отсутствует.

Управление приводом тоннельного эскалатора производится из машинного зала (с помощью панели управления), с верхнего и нижнего настенного пульта или кабины оператора. Станции управления поэтажного эскалатора расположены в специальном пульте под верхней площадкой, пуск производится с пультов, находящихся в балюстраде.

Основными параметрами эскалатора являются: угол наклона полотна, равный $30\text{--}35^\circ$; длина входных и выходных площадок $0,8\text{--}1,2 \text{ м}$; глубина (проступь) и шаг ступеней $400\text{--}405 \text{ мм}$, высота ступеней – 200 мм , ширина ступеней – $500\text{--}1000 \text{ мм}$ (для тоннельных $750\text{--}1200 \text{ мм}$); скорость полотна $0,5\text{--}1,0 \text{ м/с}$; расчетная пассажирская нагрузка $800\text{--}2400 \text{ Н}$.

Особенностью конструкции тяговой цепи эскалатора (рис. 4.10) является наличие упоров на наружных пластинах, которые обеспечивают возможность перегиба цепи только в одну сторону [2]. Эти упоры совместно с

направляющими путями – ограничителями против складывания обеспечивают неизменное положение цепи в случае ее обрыва на любом участке трассы.

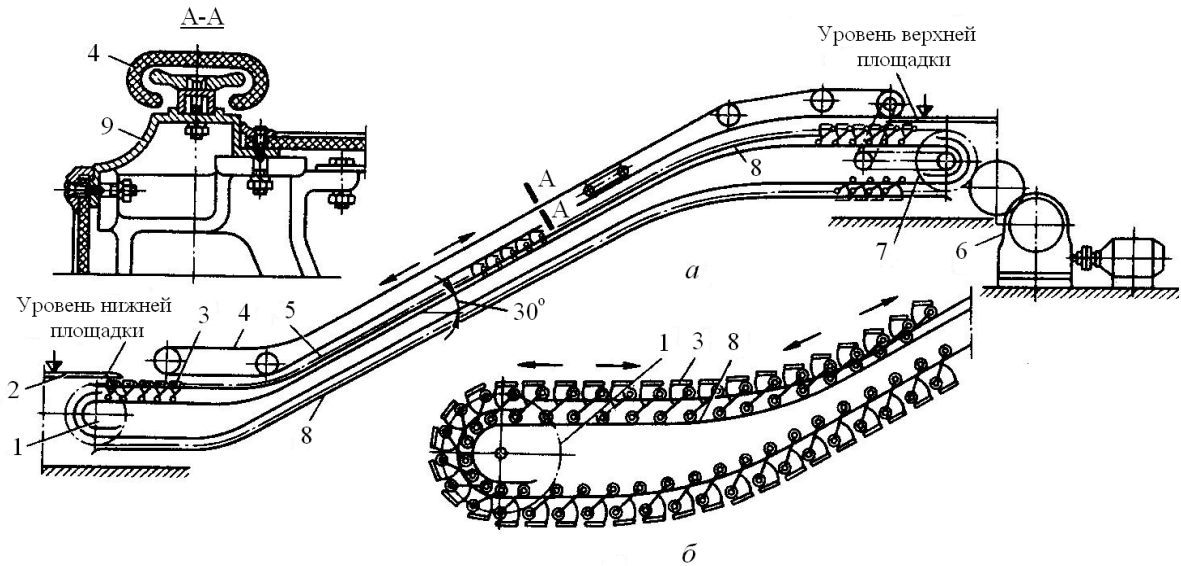


Рис. 4.9. Конструктивная схема эскалатора:

- 1 – натяжная звездочка; 2 – входная площадка; 3 – ступенчатый настил;
- 4 – поручень; 5 – тяговые цепи; 6 – привод; 7 – приводная звездочка;
- 8 – направляющие пути; 9 – балюстрада

Настилом (полотном) эскалатора являются ступени, установленные на двух тяговых цепях. Каждая ступень опирается на четыре катка, два из которых (основные) связаны осью с тяговыми цепями, два других являются вспомогательными.

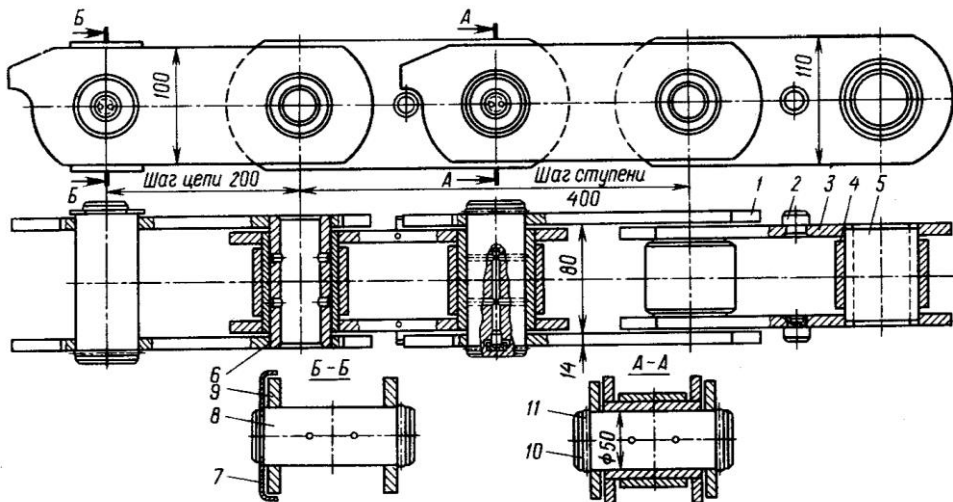


Рис. 4.10. Тяговая цепь эскалатора:

- 1 – наружная пластина; 2 – упор цепи; 3 – внутренняя пластина; 4 – ролик; 5 – втулка;
- 6 – полый валик; 7 – стопорная шайба; 8 – соединительный валик;
- 9 – соединительная пластина; 10 – сплошной валик; 11 – пружинное кольцо

Катки (основные и вспомогательные) имеют разные колеи и движутся по четырем направляющим путям, что обеспечивает горизонтальное положение ступеней на всем протяжении рабочей ветви эскалатора.

Ступень эскалатора (рис. 4.11) состоит из металлического каркаса с опорной гребенчатой плитой, подступенка и четырех катков, выполненных из пластмассы или из стали с футеровкой из резины или полимерных материалов, что обеспечивает снижение шума во время движения эскалатора. Катки установлены на шарикоподшипниках.

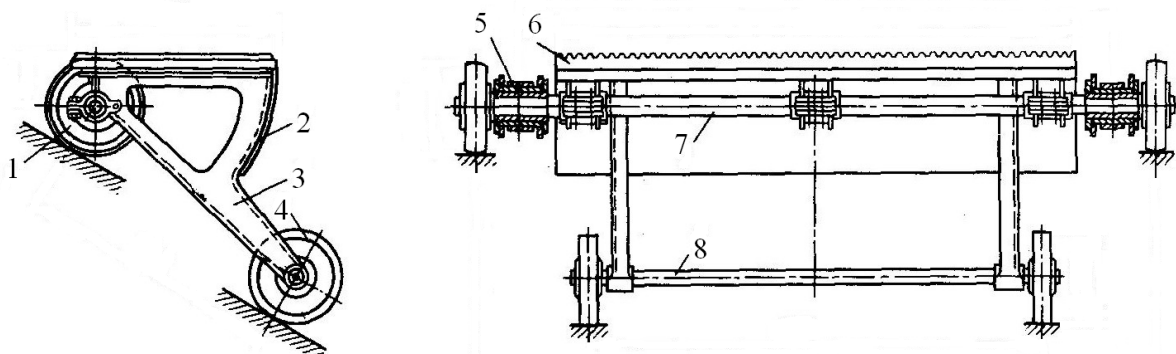


Рис. 4.11. Ступень эскалатора:

- 1 – основные катки; 2 – подступенок; 3 –каркас; 4 –вспомогательные катки;
5 –тяговые цепи; 6 –гребенчатая плита; 7 и 8 –оси катков

Поручневое устройство (рис. 4.12) представляет собой два вертикально замкнутых конвейера, тяговым и грузонесущим элементами которых являются резинотканевые поручни, движущиеся по металлическим направляющим и предназначенные для опоры рук пассажиров. Трасса поручней повторяет конфигурацию лестничного полотна, НУ – грузовое, линейная расчетная нагрузка составляет 50 Н/м.

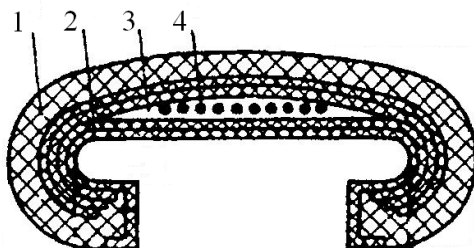


Рис. 4.12. Устройство поручня армированного резинотросового:

- 1 – обкладка; 2 – тканевый сердечник; 3 – наполнитель резиновый; 4 – стальные тросы

К преимуществам эскалатора относятся: большая провозная способность – до 10000 пассажиров в час; удобство для пассажиров; использование эскалатора в качестве обычной лестницы в случае неполадок или отсутствия

энергии. Недостатками эскалатора являются: большая стоимость, а для тоннельных – высокая стоимость сооружения (тоннеля); большие затраты времени при подъеме на большую высоту, чем при использовании высокоскоростного лифта; большие затраты энергии.

Расчет эскалатора.

Производительность (пропускная способность) эскалатора

$$Z = \frac{3600\psi Av}{a_c} = 9000A\psi v \quad , \quad , \quad (4.12)$$

где $\psi = 0,6-0,96$ – коэффициент заполнения ступени (наибольшее значение при $v = 0,5$ м/с, наименьшее при $v = 1$ м/с);

$A = 1-2$ – число пассажиров на одной ступени;

$a_c = 0,4-0,405$ м – шаг ступеней эскалатора.

Тяговый расчет эскалатора выполняют в том же порядке, как для пластинчатого конвейера с построением диаграммы натяжения цепей. Тяговый расчет поручня производится так же как расчет ленточного конвейера.

Контрольные вопросы

1. Общее устройство и области применения пластинчатых конвейеров.
2. Преимущества и недостатки пластинчатых конвейеров.
3. Тяговые элементы пластинчатых конвейеров, параметры выбора тяговых цепей.
4. Какие элементы используются в качестве опорных путей для ходовых катков цепей?
5. Приводы пластинчатых конвейеров, их типы и конструктивное исполнение, места установки на трассе.
6. Какие натяжные устройства используются в пластинчатых конвейерах? От чего зависит выбор натяжного устройства пластинчатого конвейера?
7. Для чего и в каких случаях в пластинчатых конвейерах используют стопорные устройства или тормоза?
8. От чего зависит выбор типа настила?
9. Особенности выполнения тягового расчета пластинчатого конвейера, имеющего наклонные участки.
10. Устройство, особенности конструкции и области применения специальных пластинчатых конвейеров.
11. Основные типы и устройство пассажирских конвейеров.
12. Основные элементы и основные параметры, устройство и особенности конструкции эскалаторов.
13. Конструктивные особенности, обеспечивающие надежность цепей эскалаторов.
14. Устройство и конструктивные особенности ступеней эскалаторов.
15. Расчет эскалаторов.

4.2 Скребокковые конвейеры

К скребковым конвейерам относятся разнообразные по конструкции транспортирующие машины, в которых груз перемещается волочением по неподвижному открытому или закрытому желобу или трубе прямоугольного или круглого сечения при помощи движущихся скребков, прикрепленных к тяговому элементу. Скребковые конвейеры применяют для транспортирования пылевидных, зернистых и крупнокусковых сыпучих грузов, а также для охлаждения горячих грузов: золы, шлака и др.

В качестве гибких тяговых элементов в основном используются цепи (реже ленты и канаты). При цепном тяговом элементе шаг скребков кратен шагу цепи. Рабочей ветвью конвейера обычно является нижняя, реже – верхняя ветвь, используются конвейеры с двумя рабочими ветвями, по которым груз может перемещаться одновременно в обе стороны. Нижняя грузонесущая ветвь цепи проходит внутри каркаса и огибает концевые звездочки, обратная (холостая) ветвь располагается в верхней части каркаса и движется по направляющим путям или роликам.

Скребковые конвейеры нашли широкое применение в угольных шахтах, на обогатительных фабриках, на предприятиях химической и пищевой промышленности, на животноводческих комплексах.

Скребковые конвейеры классифицируют по:
форме скребков: со сплошными и контурными скребками;
высоте скребков: с высокими и низкими скребками (конвейеры с низкими скребками имеют вертикально замкнутое расположение цепи).

Отдельную группу составляют трубчатые скребковые конвейеры с пространственной трассой.

По характеру движения скребковые конвейеры выполняют с непрерывным поступательным движением и с возвратно-поступательным движением: штанговые скребковые конвейеры с шарнирно закрепленными на жесткой штанге сплошными скребками или с жестко закрепленными скребками-шипами.

В скребковых конвейерах с низкими скребками груз перемещается в желобе конвейера сплошным слоем, высота которого в 2–6 раз больше высоты скребков.

Преимуществами скребковых конвейеров являются: простота конструкции и устройства промежуточной загрузки и разгрузки; возможность герметичного транспортирования пылящих и горячих грузов.

К недостаткам скребковых конвейеров относятся: интенсивный износ ходовой части и желоба; значительный расход энергии (из-за трения ходовой части о желоб); заклинивание кусков груза между скребками и желобом (при перемещении грузов с трудно дробимыми кусками).

Конвейеры со скребками шириной 200–320 мм имеют скорости движения $v = 0,1–1,0$ м/с; со скребками шириной 400–1200 мм $v = 0,5–0,63$ м/с.

Основным параметром скребкового конвейера является ширина скребка или скребковой цепи, для трубчатых скребковых конвейеров – наружный диаметр трубы [2].

4.2.1 Конвейеры со сплошными высокими скребками

Перемещают груз в горизонтальном, наклонном, наклонно-горизонтальном и горизонтально-наклонном направлениях (рис. 4.13), при этом груз перемещается по нижней (обычное исполнение) или верхней ветви или одновременно по обеим ветвям в противоположных направлениях.

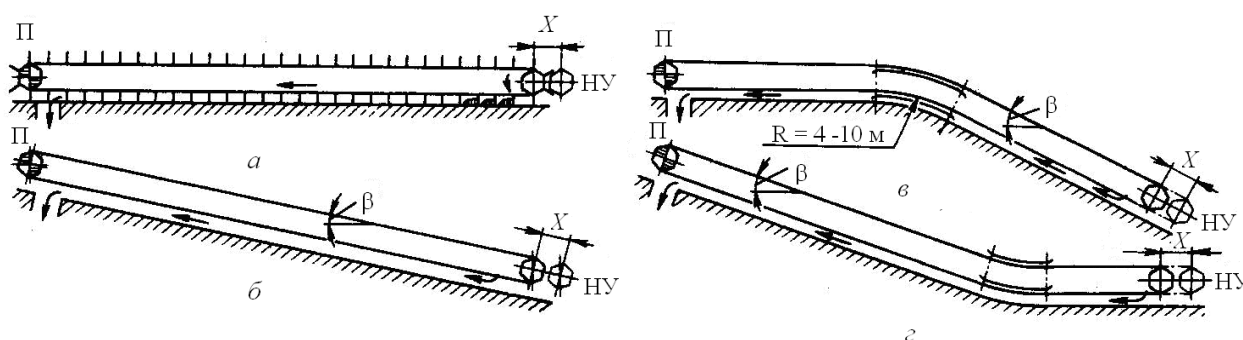


Рис. 4.13. Схемы скребковых конвейеров со сплошными высокими скребками:
 а – горизонтальная; б – наклонная; в – горизонтально-наклонная;
 г – комбинированная; П – привод; НУ – натяжное устройство;
 X – ход натяжного устройства

Угол наклона скребковых конвейеров составляет 30–40°.

Конвейеры с высокими скребками выпускают в открытом и закрытом исполнениях. Ходовая часть перемещается при скольжении цепи со скребками по желобу или при качении катков цепи по направляющим путям.

4.2.1.1 Общее устройство, основные элементы и основные параметры

Скребковый конвейер со сплошными высокими скребками (рис. 4.15) состоит из открытого желоба 1, укрепленного на станине, вдоль которого перемещается тяговая цепь 3 с закрепленными на ней скребками 2, огибающая натяжную 5 и приводную 6 звездочки.

Движение тяговая цепь получает от привода, а первоначальное натяжение – от натяжного устройства. Транспортируемый груз 4 засыпается в желоб в любом месте трассы, разгрузка может производиться в любом месте по его длине с помощью люков в днище желоба, перекрываемых шиберными затворами.

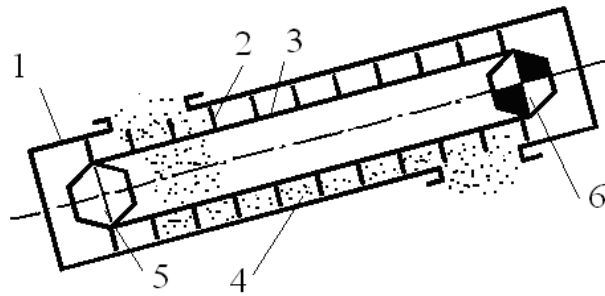


Рис. 4.15. Схема скребкового конвейера со сплошными высокими скребками:
 1 – желоб; 2 – скребки; 3 – тяговая цепь (цепи); 4 – груз;
 5 – натяжное устройство; 6 – привод

Груз 6 движется в неподвижном желобе 5 (рис. 4.16) и проталкивается отдельными порциями перед скребками 1, которые закреплены на тяговой цепи 4, опирающейся ходовыми катками 3 на направляющие 2.

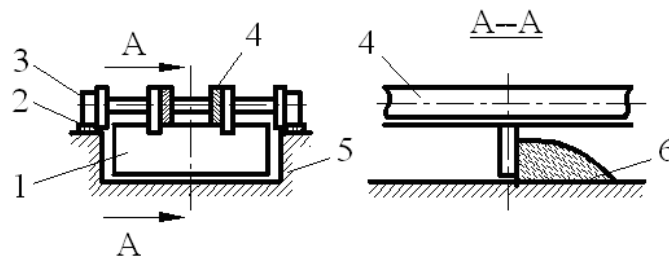


Рис. 4.16. Схема движения материала по желобу в конвейере со сплошными высокими скребками:

1 – скребок; 2 – направляющие пути; 3 – катки цепи; 4 – тяговая цепь; 5 – желоб; 6 – груз

Тяговым элементом конвейера с высокими сплошными скребками является одна или две пластинчатые катковые цепи с шагом 160; 200; 250; 315; 400 мм: в одноцепном конвейере тяговая цепь располагается посередине ширины скребка над ним; у двухцепного конвейера тяговые цепи располагаются по бокам скребков. Для скребков шириной до 400 мм применяют одну тяговую цепь, при большей ширине – две цепи.

Грузонесущим элементом конвейера являются скребки, которые выполняют трапецеидальной, полукруглой или прямоугольной формы (по форме желоба или трубы), скребки изготавливают из листовой стали толщиной 3–8 мм. Ширина плоских скребков составляет до 650 мм, ящичных – 500–1200 мм; высота скребка принимается в 2–3 раза меньше его ширины.

При перемещении кусковых грузов шаг скребков должен выбираться большим, чем размер наибольшего куска груза.

Шаг скребков

$$a_c = 2t_{ц} \text{ или } a_c = (2-4)h_c,$$

где $t_{ц}$ – шаг цепи;

h_c – высота скребка).

Желоб конвейера изготавливают сварным или штампованным из листовой стали толщиной 4–6 мм прямоугольного, трапециевидального или круглого (по форме скребка) сечения. Желоб собирают по секциям длиной 3–6 м, зазор между скребком и желобом составляет 5–15 мм на сторону.

Привод конвейера – редукторный, устанавливается на концевой звездочке. На конвейерах среднего и тяжелого типа устанавливают муфту предельного момента.

Натяжное устройство – винтовое или пружинно-винтовое, ход НУ составляет $X = 1,6 t_{ц}$.

Важным преимуществом конвейеров с высокими скребками является движение ходовой части на катках. Основным недостатком является неудобство загрузки и разгрузки желоба.

4.2.1.2 Расчет скребковых конвейеров

Производительность скребкового конвейера

$$Q_m = 3600 F \rho v = 3600 B_{ж} h_{ж} \psi c_{и} \rho v, \quad (4.13)$$

где F – расчетная площадь сечения груза в желобе, m^2 (рис. 4.17);

ρ – плотность груза, t/m^3 ;

v – скорость транспортирования, m/c ;

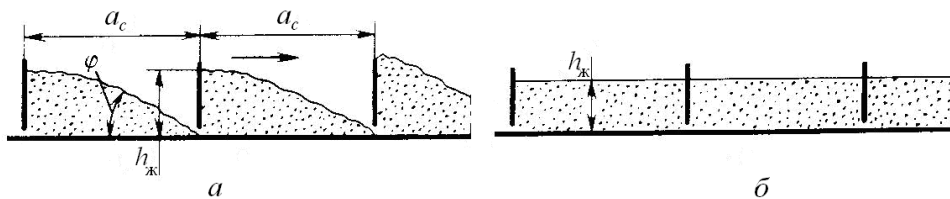
ψ – коэффициент заполнения желоба, для легкосыпучих грузов $\psi = 0,5–0,6$, для плохосыпучих $\psi = 0,7–0,8$;

$c_{и}$ – коэффициент использования объема желоба, который учитывает уменьшение объема груза перед скребком при увеличении угла наклона конвейера, определяется по табл. 4.4.

Площадь поперечного сечения желоба

$$F = B_{ж} h_{ж} \psi C_{и}, \quad (4.14)$$

где $B_{ж}$ и $h_{ж}$ – ширина и высота желоба, м.



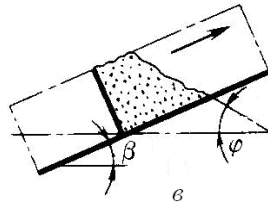


Рис. 4.17. Схема расположения насыпного груза перед высокими сплошными скребками:
a – при транспортировании легкосыпучего зернистого и пылевидного груза;
б – плохосыпучего кускового; *в* – на наклонном конвейере

Таблица 4.4

Значения коэффициента c_{II}

Транспортируемый груз	Угол наклона конвейера, град					
	0	10	20	30	35	40
Легкосыпучий	0,5–0,6	0,42–0,51	0,32–0,39	0,25–0,3	–	–
Плохосыпучий	0,7–0,8	0,69–0,75	0,59–0,68	0,52–0,6	0,42–0,48	0,35–0,4

Высоту скребка принимают на 25–50 мм больше высоты желоба, скорость движения скребка 0,1–0,63 м/с. Ширина желоба

$$B_{ж} = k_{ж} h_{ж}, \quad (4.15)$$

где $k_{ж} = 2–4$ – коэффициент соотношения ширины и высоты желоба.

Полученную ширину желоба и шаг скребка проверяют по гранулометрическому составу груза по условию

$$B_{ж} \geq X_c a, \quad (4.16)$$

где a – размер наибольшего куска груза; $a_c \geq 1,5 a$ (a_c – шаг скребка).

Шаг скребка $a_c = 2t_{ц}$ или $a_c = (2–4)h_c$, h_c – высота скребка.

Для двухцепных конвейеров при сортированном грузе коэффициент $X_c = 3–4$, при рядовом грузе $X_c = 2–2,5$.

Для одноцепных конвейеров при сортированном грузе $X_c = 5–7$, при рядовом грузе $X_c = 3 \div 3,5$.

Объем груза, находящегося в промежутке между скребками, зависит от характеристики груза и скорости движения скребков.

Фактическая производительность конвейера

$$Q_{ф} = [3,6 k_{г} v m_{г}] / a_c, \quad (4.17)$$

где $k_{г}$ – коэффициент, учитывающий гранулометрический состав груза (для пылевидных грузов $k_{г} = 0,8$; для кусковых и зернистых $k_{г} = 0,9$);

m_{Γ} – масса порции груза перед скребком, кг.

Тяговый расчет скребкового конвейера.

Сопротивление движению груза и ходовой части на рабочей ветви [1]

$$S_n = S_{n-1} + (\omega q_0 + \omega_{\Gamma} q_{\Gamma}) \ell \pm (q_{\Gamma} + q_0) h, \quad (4.18)$$

где S_n и S_{n-1} – натяжение цепи в конце и начале прямолинейного участка, Н;
 ω и ω_{Γ} – коэффициенты сопротивления движению ходовой части и груза;
 q_0 и q_{Γ} – линейные силы тяжести ходовой части и груза, Н/м.
 Сопротивление перемещению груза на наклонном участке

$$W_{\text{H}} = g m_{\Gamma} (\omega_{\Gamma} \cos \beta + \sin \beta), \quad (4.19)$$

где ω_{Γ} – коэффициент сопротивления движению груза по желобу;
 β – угол наклона конвейера.

Сопротивление перемещению груза на горизонтальном участке
 (рис. 4.18)

$$W_{\Gamma} = g m_{\Gamma} \omega_{\Gamma}. \quad (4.20)$$

Необходимое первоначальное натяжение тягового элемента

$$S_0 \geq W h \operatorname{ctg}(\varepsilon / t), \quad (4.21)$$

где ε – угол отклонения звена цепи, к которому прикреплен скребок;
 t – шаг звена цепи, м.

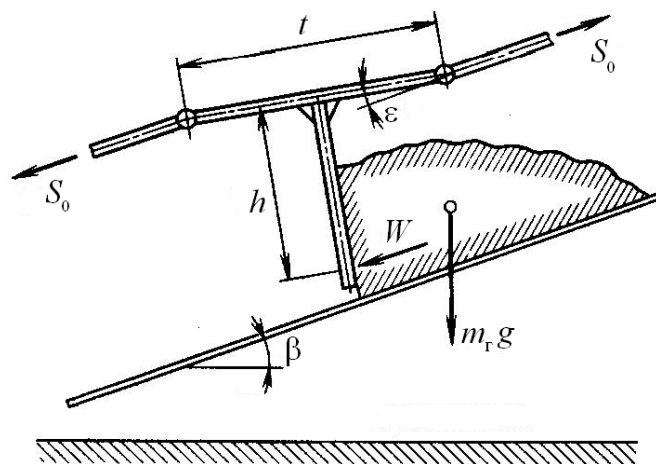


Рис. 4.18. Схема сил, действующих на скребок

Подробный тяговый расчет производится методом обхода по контуру, начиная с точки минимального натяжения цепи $S_{\min} = 10\text{--}50$ кН, которое вы-

бирается в зависимости от длины и производительности конвейеров (рис. 4.19). У горизонтальных конвейеров S_{\min} (точка 1) находится в точке сбега цепи с приводной звездочки. У наклонных и наклонно-горизонтальных конвейеров S_{\min} может находиться в точках 1 и 2 в зависимости от соотношения L_{Γ} , ω и H (ω – коэффициент сопротивления движению опорных элементов тяговой цепи; $\omega = 0,1-0,13$ – для цепей с ходовыми катками, $\omega = 0,25$ – для цепей без катков).

Для комбинированных конвейеров с горизонтальным хвостовым участком трассы S_{\min} находится в точке 1 при $L' \omega > H$ и в точке 2 при $L' \omega < H$; L' – проекция длины участка от привода до горизонтального участка [1].

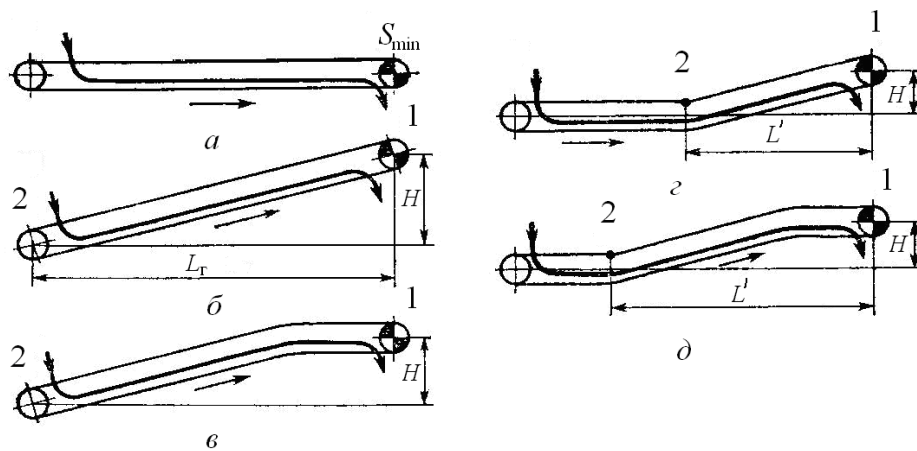


Рис. 4.19 Схемы к расчету скребковых конвейеров

Если $L_{\Gamma} \omega > H$, то S_{\min} находится в точке 1; если $L_{\Gamma} \omega < H$, то S_{\min} находится в точке 2; при $L_{\Gamma} \omega = H$ натяжения в точках 1 и 2 будут равны.

Максимальное натяжение цепи

$$S_{\max} = q_{\Gamma} (\omega'_{\text{ж}} L_{\Gamma} + H) + S_{\min} + S_{\text{х.в.}}, \quad (4.22)$$

где $\omega'_{\text{ж}}$ – коэффициент сопротивления движению груза в желобе; для катковых цепей $\omega'_{\text{ж}} = 0,8-2,0$; для скользящих цепей $\omega'_{\text{ж}} = 1-4,5$;

$S_{\text{х.в.}}$ – натяжение от веса холостой ветви;

q_0 – линейная нагрузка от скребковой цепи;

ω – коэффициент сопротивления опорных элементов тяговой цепи.

Натяжение от веса холостой ветви

$$S_{\text{х.в.}} = q_0(H - L_{\Gamma} \omega). \quad (4.23)$$

Сопротивление очистительных устройств

$$W_{\text{оч}} = q_{\text{оч}} z_{\text{оч}} B_{\text{ж}}, \quad (4.24)$$

где $q_{оч} = 300–500$ Н/м – линейная нагрузка от очистительных устройств;
 $z_{оч}$ – число очистительных устройств, шт.
Сопротивление от загрузочного устройства

$$W_3 = 0,7 q_{г} \ell_3, \quad (4.25)$$

где ℓ_3 – длина загрузки, м.
Полное сопротивление движению

$$W = \Sigma W, \quad (4.26)$$

Мощность двигателя

$$P = [v k_3 \Sigma W] / \eta, \quad (4.27)$$

где $k_3 = 1,1–1,35$ – коэффициент запаса.

4.2.2 Конвейеры со сплошными низкими скребками

Скребковые конвейеры с низкими скребками имеют закрытый каркас, нижняя часть которого образует желоб, цепь имеет вертикально замкнутое расположение, она огибает приводную и натяжную звездочки и опирается ходовыми катками на направляющие. Груз перемещается в желобе конвейера сплошным слоем, высота h которого в 2–6 раз больше высоты скребков, и образует сплошное тело волочения высотой, превышающей высоту скребка. Высота скребков в несколько раз меньше высоты бортов желоба. Груз засыпается в желоб через холостую ветвь и отверстие в крышке. Нижняя ветвь цепи является рабочей, обратная (верхняя) ветвь движется по направляющим путям или роликам. Возможно исполнение с двумя рабочими ветвями, которые перемещают груз в разных направлениях. Конвейеры с низкими скребками имеют углы наклона до 60° .

Применяются для горизонтального и наклонного транспортирования хорошо сыпучих, пылевидных, зернистых, мелкокусковых грузов при нормальных и повышенных (до 700°C) температурах, имеют вертикально замкнутое расположение цепи.

Основные параметры конвейеров со сплошными низкими скребками: углы наклона трассы до 60° ; длина транспортирования до 100 м; производительность до 700 т/ч; ширина желоба 125–1000 мм; скорость транспортирования 0,1–0,4 м/с.

Преимуществами конвейеров с низкими скребками являются: герметичность процесса транспортирования; сложность трассы; широкий диапазон производительности; возможность перемещения горячих грузов.

К недостаткам относятся: изнашивание цепей, скребков и желоба; возможность всплывания цепи над перемещаемым грузом.

Тяговым элементом скребковых конвейеров с погруженными скребками являются пластинчатые втулочные и роликовые или специальные вильчатые цепи с шагом 160 и 200 мм.

Скребки изготавливают из плоской, профильной и листовой полосы. В одноцепных конвейерах скребки приваривают к звену цепи перпендикулярно или под углом 85° к его продольной оси. В двухцепных конвейерах скребки крепят к звеньям с помощью толстых шплинтов.

Желоб конвейера выполняется в виде единого сварного каркаса из листовой стали толщиной 2–4 мм или в виде двух отдельных желобов, изготовленных из швеллеров и листовой стали.

Привод конвейеров – редукторный. Поворотными и отклоняющими устройствами являются направляющие блоки, звездочки и неподвижные шины. Натяжное устройство – винтовое или пружинно-винтовое.

При транспортировании горячего груза для сохранения его температуры каркас конвейера выполняют с двойными стальными стенками, между которыми находится теплоизоляционный материал. Для охлаждения горячего груза дно желоба конвейера оснащают охладительной камерой, в секции которой непрерывно подается холодная вода, при этом горячие грузы перемещаются тонким слоем при небольшой скорости ($0,01–0,16$ м/с²).

Цепь, скребки, отклоняющие блоки и звездочки имеют такую же конструкцию, как и у скребковых конвейеров обычного исполнения, но изготавливаются из специальных сталей. Смотровые и ремонтные люки имеют асбестовые прокладки.

4.2.3 Конвейеры с контурными скребками

Конвейеры с контурными скребками имеют закрытый желоб, разделенный на две части, внутри которых движутся рабочая и обратная ветви цепи с фигурными скребками, повторяющими три стенки контура сечения желоба (рис. 4.20). Применяются для перемещения насыпных грузов в горизонтальной, круто наклонной и вертикальной плоскостях. Фигурные (контурные) скребки, армируя насыпной груз, перемещают его не отдельными порциями, а сплошной массой, заполняющей на горизонтальных участках почти все сечение желоба. Контурные скребки более эффективно, чем низкие сплошные скребки, передают движущую силу на все сечение насыпного груза, позволяя перемещать груз в крутонаклонной и вертикальной плоскостях.

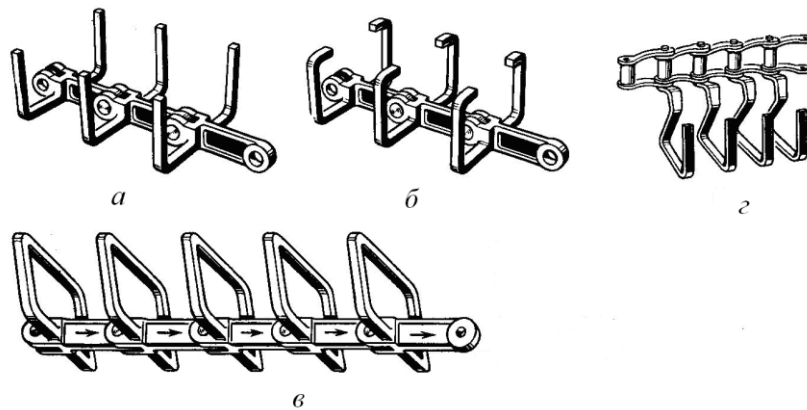


Рис. 4.20. Ходовая часть конвейеров с контурными скребками:
а, б, в – вертикально замкнутых; *z* – горизонтально замкнутых

Конвейеры с контурными скребками имеют вертикально и горизонтально замкнутое расположение ходовой части (рис. 4.21).

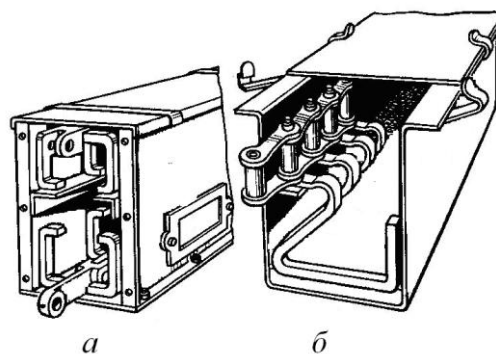


Рис. 4.21. Поперечные сечения конвейеров с контурными скребками:
а – вертикально замкнутых; *б* – горизонтально замкнутых

Горизонтально замкнутые конвейеры (рис. 4.21, *б*) используют как распределительные, вертикально замкнутые конвейеры могут иметь трассы с горизонтальными, наклонными вертикальными участками (рис. 4.22) и применяются для перемещения пылевидных, легкосыпучих, зернистых и сортированных мелкокусковых грузов. Основными параметрами конвейеров с контурными скребками являются: производительность до 60 т/ч; длина трассы до 50 м; высота подъема до 15–20 м; скорость перемещения – 0,1–0,25 м/с.

Конвейерами с контурными скребками (рис. 4.23) не рекомендуется перемещать абразивные, влажные и липкие грузы, а также грузы с трудно дробимыми кусками, которые могут заклинивать между скребками и желобом, создавая значительные сопротивления движению и провоцируя выход из строя всей установки.

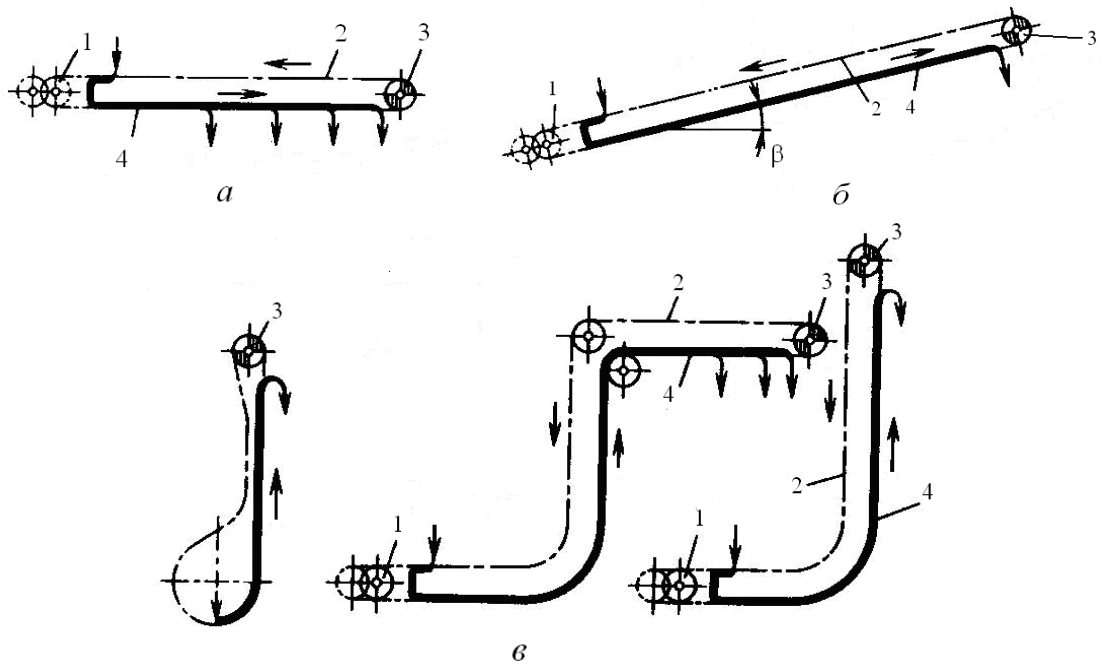


Рис. 4.22. Схемы трасс вертикально замкнутых конвейеров с контурными скребками:
a – горизонтальная; *б* – наклонная; *в* – комбинированная;
 1 – натяжное устройство; 2 – нерабочая ветвь; 3 – привод; 4 – рабочая ветвь

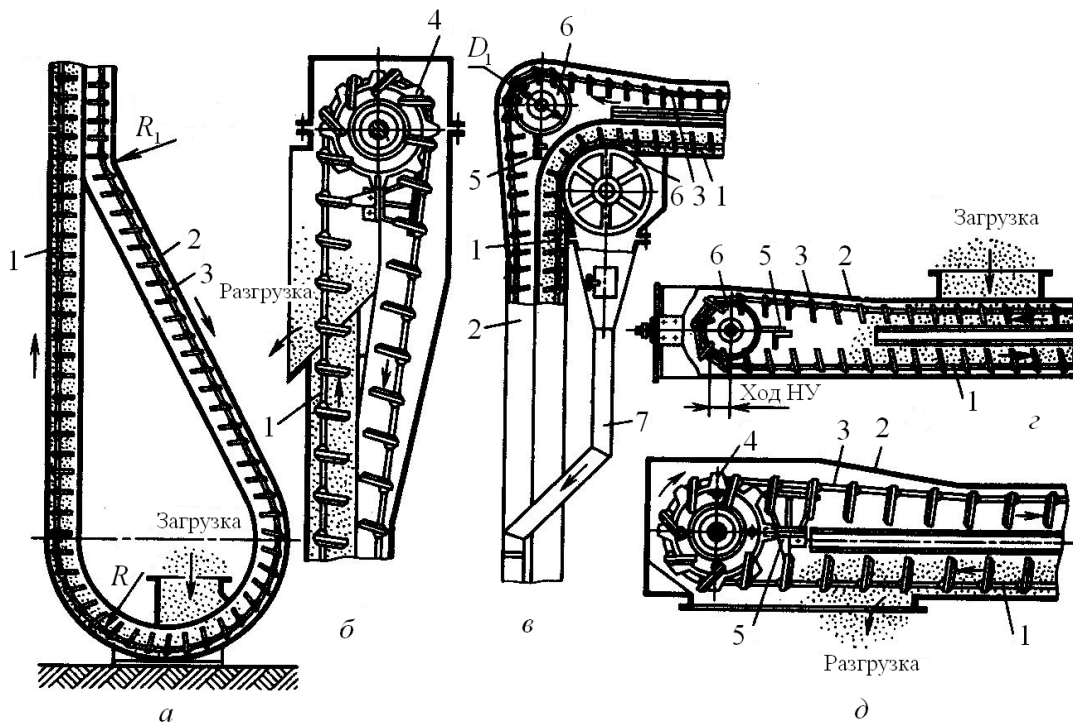


Рис. 4.23. Элементы конвейеров с контурными скребками:
a, б – расположение зон загрузки и разгрузки на конвейере с вертикальными участками;
в – участок поворота трассы; *г, д* – расположение зон загрузки и разгрузки
 на конвейере с горизонтальными участками; 1 – рабочая ветвь; 2 – желоб;
 3 – холостая ветвь; 4 – приводная звездочка; 5 – скребок; 6 – поворотный барабан;
 7 – патрубок для возврата просыпавшегося груза

К преимуществам конвейеров с контурными скребками относятся: герметичность трассы; возможность промежуточной загрузки; разнообразие трасс перемещения; саморегулирование загрузки без использования питателей. Недостатками конвейеров с контурными скребками являются: интенсивное изнашивание скребков, цепи и желоба; невозможность транспортирования липких грузов и грузов с твердыми включениями.

Тяговым элементом конвейеров является пластинчатая, разборная или вильчатая цепь. Контурные скребки изготавливают из стали, чугуна или пластмассы, прикрепляют к цепям или изготавливают заодно со звеньями цепи.

4.2.4 Трубчатые скребковые конвейеры

Имеют трассы разнообразной конфигурации в вертикальной и горизонтальной плоскостях и в пространстве (рис. 4.24). Используются для перемещения пылевидных, порошкообразных, зернистых и мелкокусковых грузов (с частицами малой прочности в 5–10 раз меньше внутреннего диаметра трубы): строительные материалы, продукты пищевой или химической промышленности и др.

Трубчатые скребковые конвейеры используются не только как самостоятельные транспортирующие установки, но и как элементы технологических линий различных производств. Герметичность трубчатых конвейеров позволяет перемещать сыпучие, вязкие, горячие, пахучие и ядовитые грузы, а также жидкие и полужидкие нелипкие грузы при производстве пищевых продуктов и комбикормов; строительных материалов; продукции химической и нефтехимической промышленности; в металлургическом производстве. Не пригодны для транспортирования крепких, липких и слеживающихся грузов.

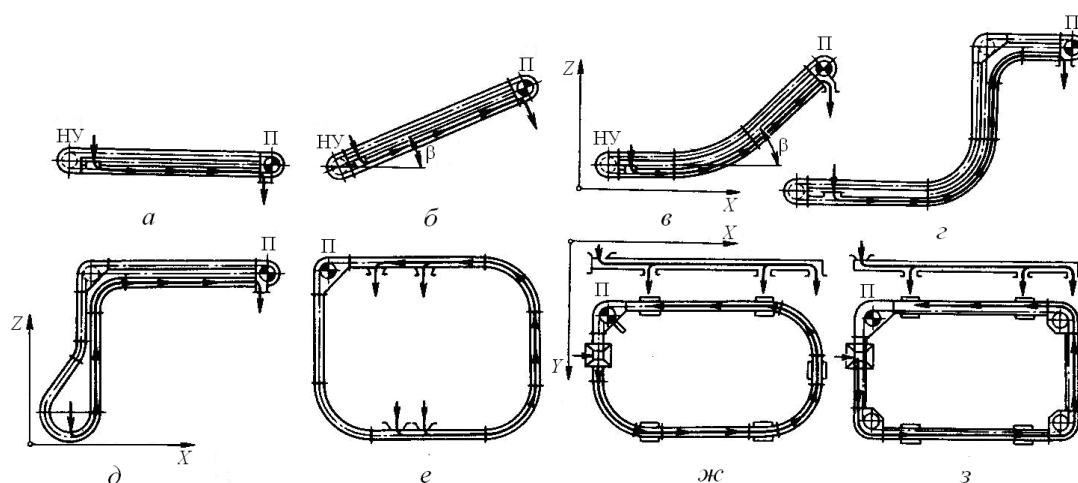


Рис. 4.24. Схемы вертикально и горизонтально замкнутых трубчатых скребковых конвейеров

Цепь со скребками круглого или прямоугольного сечения (по форме трубы) движется внутри герметичной трубы и перемещает непрерывным потоком насыпной груз. Скребки полностью перекрывают сечение трубы, обеспечивая эффективное перемещение сыпучего груза.

Цепь получает движение от привода, а первоначальное натяжение – от натяжного устройства, расположенного на поворотных участках трубы (рис. 4.25). Зоны загрузки и разгрузки располагаются в любом месте горизонтальных участков конвейера, в местах загрузки устанавливают решетки для предотвращения попадания кусков в трубу и заклинивания скребков, у последнего места разгрузки устанавливается вибрационное очистное устройство.

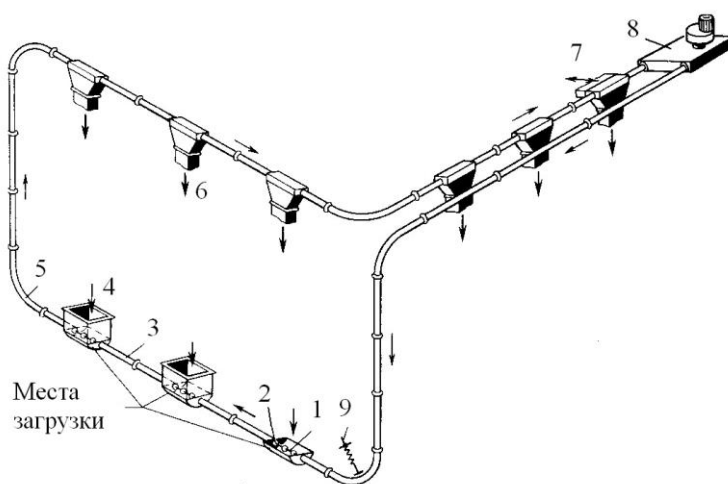


Рис. 4.25. Схема трубчатого скребкового конвейера:

- 1 – цепь; 2 – скребки; 3 – труба; 4 – загрузочное устройство; 5 – поворотные устройства; 6 – разгрузочный бункер; 7 – очистное устройство; 8 – привод; 9 – натяжное устройство

Повороты в горизонтальной и вертикальной плоскостях обеспечиваются поворотными блоками, звездочками или криволинейными участками трубы.

Основными параметрами трубчатых скребковых конвейеров являются: производительность 4–35 м³/ч; скорость движения 0,16–0,4 м/с; длина прямолинейных участков до 60 м, высота до 20 м, общая длина трассы до 80 м; углы наклона трассы до 40°.

Преимуществами трубчатых конвейеров являются: простота конструкции; герметичность; разнообразие трасс перемещения; возможность использования стандартных труб и цепей; высокий коэффициент заполнения трубы. К недостаткам относятся: повышенный износ трубы и скребков, особенно на криволинейных участках при транспортировании абразивных грузов.

Тяговым элементом трубчатых скребковых конвейеров служит одна разборная пластинчатая втулочная цепь с шагом 80 или 100 мм; калиброванная круглозвенная цепь; в редких случаях используется канат.

Скребки являются грузонесущим элементом трубчатого скребкового конвейера, изготавливаются из стали, чугуна, пластмассы или резины толщиной 10–20 мм, соединяются с цепью с помощью сварки или болтового соединения. Крепление скребков к тяговой цепи может быть центральным, симметричным или асимметричным.

Шаг скребков a_c выбирается в зависимости от шага тяговой цепи $t_{ц}$ и диаметра трубы D . Шаг скребков должен быть кратным двум шагам цепи. Диаметр скребка принимают на 10–15 мм меньше внутреннего диаметра трубы. Шаг скребков [1]

$$a_c = k_1 t_{ц} = k_2 D, \quad (4.28)$$

где k_1, k_2 – конструктивные коэффициенты.

Привод трубчатых скребковых конвейеров обычного типа со звездочкой и редуктором. Электродвигатель с редуктором соединяют упругой муфтой или клиноременной передачей.

Натяжное устройство – винтовое, пружинно-винтовое и грузовое, ход натяжного устройства – не менее 1,6 шага цепи. Поворотными устройствами конвейеров (рис. 4.26) являются блоки с гладким ободом или звездочки, установленные в герметичном кожухе со смотровыми люками или плавные закругления неподвижной трубы по радиусу 1,2–2 м.

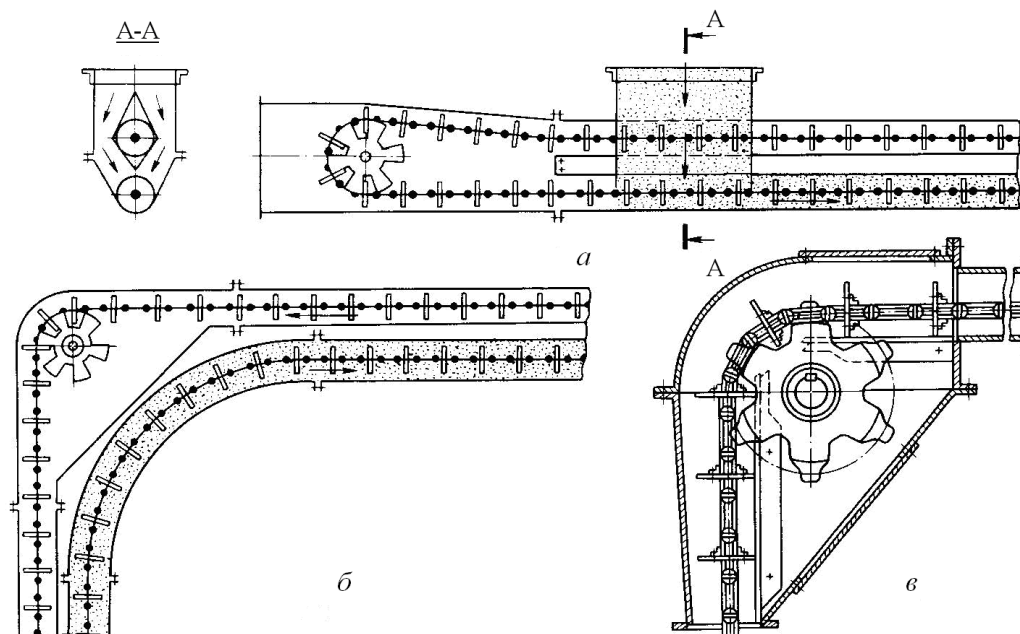


Рис. 4.26. Схемы элементов трубчатых скребковых конвейеров:
а – загрузочное устройство; б, в – поворотное устройство

Секции средней части конвейера изготавливают из стандартных труб длиной 4–6 м и соединяют между собой болтовыми соединениями. В секциях

и кожухах устанавливают герметичные люки для осмотра и ремонта ходовой части.

Очистное устройство – вибрационное с эксцентриком, внутреннюю поверхность трубы очищают специальными очистными скребками из резины или с резиновым бандажом увеличенного диаметра.

При расчете трубчатых скребковых конвейеров по заданной расчетной производительности определяется внутренний диаметр трубы конвейера, который округляется до ближайшего большего значения в соответствии с нормальным рядом.

Тяговый расчет выполняется методом обхода по контуру. Первоначальное натяжение цепи S_0 для конвейеров с прямолинейной трассой принимают $S_0 = 500–1000$ Н; для конвейеров с комбинированной трассой $S_0 = 1500–2000$ Н [1].

4.2.5 Канатно-дисковые конвейеры и штанговые конвейеры

Канатно-дисковые конвейеры применяются для транспортирования в горизонтальном и наклонном направлениях (до 35°) разнообразных насыпных грузов (древесные опилки, уголь). Конвейер представляет собой стальной неподвижный желоб, в котором движутся на тяговом стальном канате диски, укрепленные на равных расстояниях. Желоб имеет наклонные или вертикальные стенки со скругленным дном (рис. 4.27). Диски крепятся к канату зажимами. Канат приводится в движение приводным блоком. Загрузка канатно-дискового конвейера осуществляется в любой точке желоба, а разгрузка – через люки, перекрываемые задвижками.

Длинномерные грузы перемещаются волочением в открытом желобе при помощи каната (рис. 4.28) с прикрепленными к нему скребками в виде разъемных дисков [3].

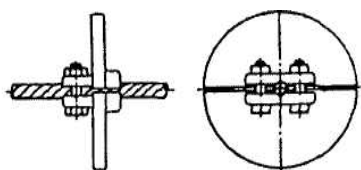


Рис. 4.27. Крепление дисков к канату

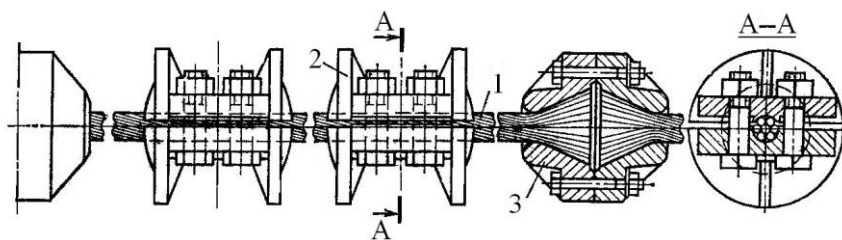


Рис. 4.28 Тягово-несущий элемент канатно-дисковых конвейеров для перемещения длинномерных грузов:
1 – канат; 2 – скребки; 3 – полумуфты

Канатно-дисковые конвейеры для транспортирования длинномерных грузов изготавливают длиной до 600 м, обе ветви могут быть рабочими.

Для перемещения витой металлической стружки, которая является одним из наиболее трудно транспортируемых грузов, разработан штанговый (ершовый) скребковый конвейер (рис. 4.29).

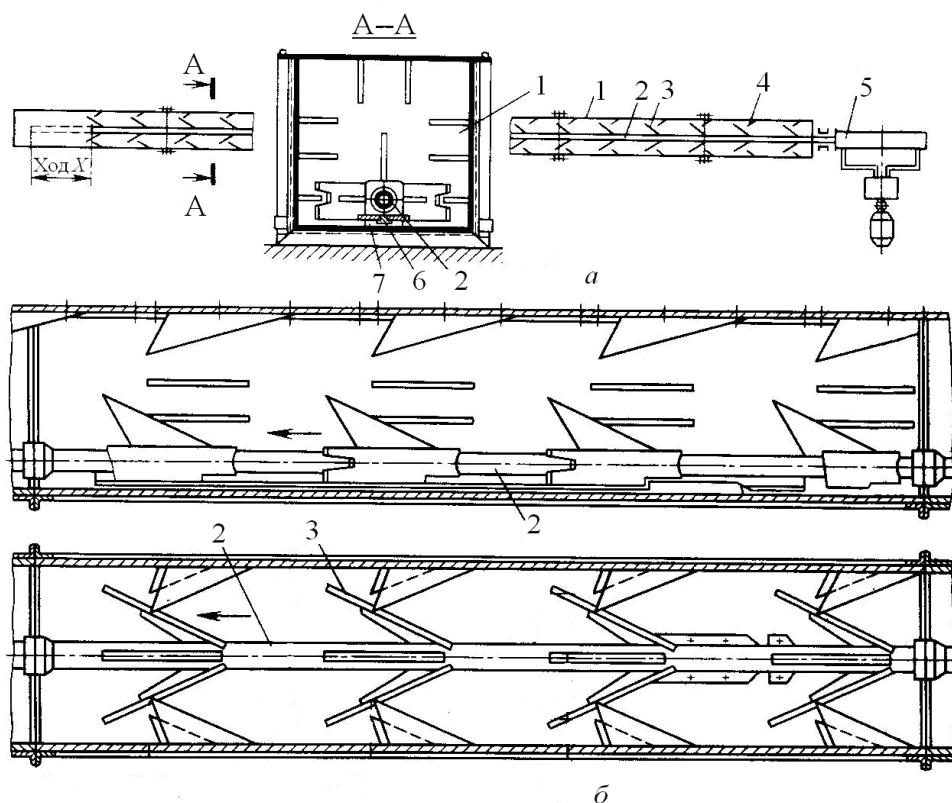


Рис. 4.29. Штанговый скребковый конвейер для перемещения витой стружки:
a – схема; *б* – секция; 1 – желоб; 2 – штанга; 3 – скребки; 4 – шипы;
 5 – гидротолкатель; 6 – опорная балка; 7 – направляющие

Груз транспортируется по желобу квадратного сечения, внутри которого движется штанга, к ней под острым углом с определенным шагом прикреплены скребки. На верхней и боковых стенках желоба установлены остроугольные шипы. Штанга перемещается по направляющим, совершая возвратно-поступательные движения с помощью гидротолкателя.

Витая металлическая стружка захватывается скребками и шипами штанги и перемещается вперед на величину рабочего хода. При обратном движении штанги заостренные скребки и шипы выскальзывают из стружки, а шипы желоба препятствуют обратному движению стружки. В каждый рабочий ход штанга проталкивает стружку вперед, которая постепенно перемещается по желобу.

Основными параметрами штанговых конвейеров являются: длина до 100 м, производительность 0,5–3 т/ч, скорость перемещения 5–10 м/мин, ход штанги 1,5–1,75 м, сечение желоба 600х600 мм.

К преимуществам штангового скребкового конвейера относятся простота конструкции, возможность транспортирования стружки, смоченной маслом или эмульсией; недостатком является невозможность перемещения дробленой стружки, т. к. она затрудняет движение, засоряя направляющие.

Штанговый скребковый конвейер для перемещения мелкой дробленой стружки (рис. 4.30) имеет открытый желоб, рабочим органом является штанга с шарнирно закрепленными скребками, которая перемещается на ползунах или опирается катками на направляющие.

Возвратно-поступательное движение штанги обеспечивает привод с кривошипно-шатунным механизмом. Скребок при движении вперед по ходу перемещения груза занимает перпендикулярное положение к штанге и транспортирует порцию груза в заданном направлении; при движении назад скребок поворачивается, приближаясь к тяговому элементу, и свободно проходит сквозь груз. При повторном движении вперед скребок увлекает следующую порцию груза.

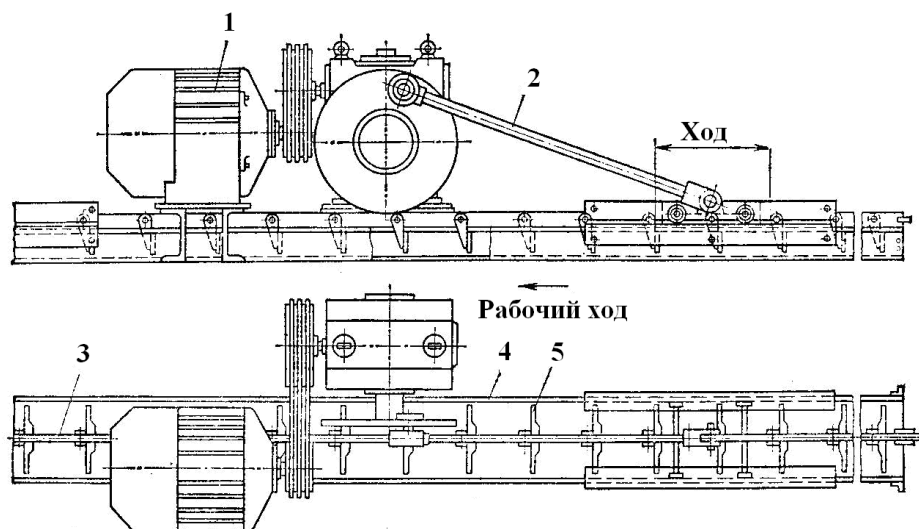


Рис. 4.30. Штанговый скребковый конвейер для перемещения дробленой стружки: 1 – привод; 2 – кривошипно-шатунный механизм; 3 – штанга; 4 – желоб; 5 – скребки

Основными параметрами конвейеров являются: глубина желоба 150–200 мм; ширина желоба 200–300 мм; шаг скребков 200–250 мм; угол наклона до 30° [1].

Контрольные вопросы

1. Классификация, области применения скребковых конвейеров, их достоинства и недостатки.
2. Основные параметры скребковых конвейеров со сплошными высокими скребками.
3. Какие тяговые органы и натяжные устройства используются в скребковых конвейерах?
4. Способы загрузки и разгрузки скребковых конвейеров.
5. От чего зависит шаг скребков скребкового конвейера со сплошными высокими скребками?
6. Способы крепления скребков, материалы для изготовления скребков.
7. Особенности тягового расчета скребковых конвейеров.
8. Устройство, назначение и основные параметры скребковых конвейеров с низкими сплошными скребками.
9. Устройство, назначение и основные параметры конвейеров с контурными скребками.
10. Какие существуют геометрические схемы трасс трубчатых скребковых конвейеров, где располагаются места загрузки и разгрузки?
11. Каким образом осуществляется процесс перемещения груза на конвейерах с контурными скребками? Показать некоторые геометрические формы контурных скребков и способы их крепления к тяговым органам.
12. Устройство, области применения и основные параметры трубчатых скребковых конвейеров.
13. Назначение, устройство, принцип действия, основные параметры и основные элементы штанговых скребковых конвейеров.

4.3 Скребково-ковшовые, ковшовые и люлечные конвейеры

4.3.1 Основные типы, устройство, назначение и применение

Скребково-ковшовые и ковшовые конвейеры предназначены для перемещения насыпных грузов, люлечные – для перемещения штучных грузов. Скребково-ковшовые, ковшовые и люлечные конвейеры имеют сложные трассы перемещения в вертикальной плоскости.

Скребково-ковшовые и ковшовые конвейеры – это двухцепные транспортирующие машины для перемещения насыпных грузов по сложным вертикально замкнутым трассам с горизонтальными и вертикальными участками. Конвейеры с жестко закрепленными ковшами называют скребково-ковшовыми, а с шарнирно подвешенными ковшами – ковшовыми. Тяговым элементом являются две пластинчатые катковые цепи.

Скребково-ковшовые конвейеры применяются для транспортирования малоабразивных хорошо сыпучих грузов и используются в основном как распределительные для подачи угля по бункерам на ТЭЦ и котельных установ-

ках. Такими конвейерами не рекомендуется перемещать влажные и липкие грузы из-за сложности разгрузки и очистки грузонесущих элементов.

Ковшовые конвейеры используются для перемещения сухих, хорошо сыпучих грузов на предприятиях химической и угольной промышленности, в системах топливоподачи электростанций, для подъема угля из шахты.

Люлочные конвейеры по конструкции подобны ковшовым, но вместо ковшей используются шарнирно-подвешенные полки (люльки).

Преимуществами скребково-ковшовых, ковшовых и люлочных конвейеров являются: бесперегрузочное транспортирование по сложной трассе; удобство промежуточной разгрузки на горизонтальных участках (для скребково-ковшовых и ковшовых) и на вертикальных участках (для люлочных); возможность транспортирования горячих грузов.

Недостатки скребково-ковшовых, ковшовых и люлочных конвейеров: сложность конструкции; большая масса ходовой части; крошение груза и повышенный износ трущихся частей (желоба и ковшей) в скребково-ковшовых конвейерах; большое количество шарниров.

4.3.2 Скребково-ковшовые конвейеры

Скребково-ковшовый конвейер (рис. 4.31) соединяет в себе принцип действия двух типов машин – скребкового конвейера и ковшового элеватора и работает на горизонтальных участках как скребковый конвейер в желобе, а на вертикальной (восходящей) ветви как вертикальный элеватор [5].

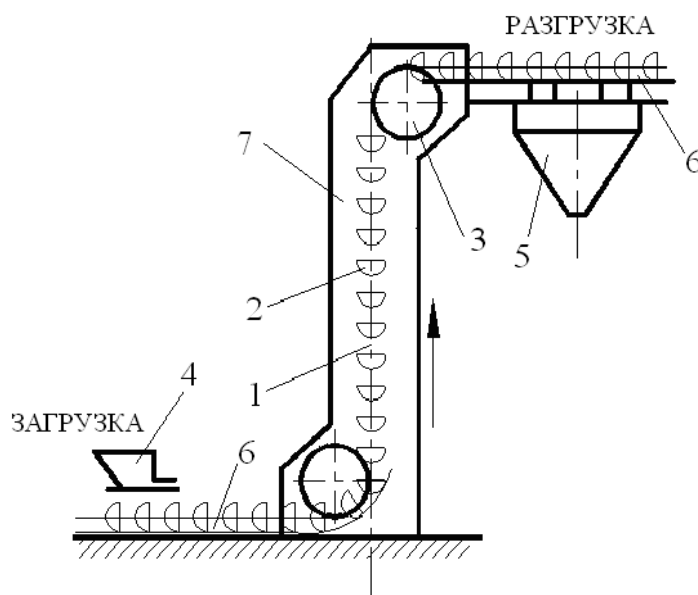


Рис. 4.31. Схема скребково-ковшового конвейера:
1 – тяговые цепи; 2 – ковши; 3 – привод; 4 – питатель;
5 – приемный бункер; 6 – желоб; 7 – кожух

Скребково-ковшовые конвейеры имеют две замкнутые тяговые цепи с жестко прикрепленными к ним ковшами (имеющими форму призмы), которые на горизонтальных участках движутся внутри желоба, а на вертикальных – внутри закрытого направляющего кожуха. Цепи с ковшами на горизонтальных участках перемещаются на ходовых катках по направляющим путям, а на вертикальных участках поднимаются внутри направляющих путей, которые не позволяют ковшам отклоняться в стороны.

Загрузка производится одним или несколькими питателями на нижнем горизонтальном участке, разгрузка происходит в любом месте верхнего горизонтального участка через отверстия в дне желоба. Верхняя звездочка в конце рабочей ветви является приводной, другая верхняя звездочка – натяжной. Желоб и кожух конвейера поддерживаются опорными металлоконструкциями, на которых установлены направляющие пути.

Основные параметры скребково-ковшовых конвейеров: производительность до 200 м³/ч, длина горизонтальных участков до 100 м, высота подъема до 25 м; ширина ковшей 300–1200 мм, скорость транспортирования до 0,5 м/с.

Тяговым элементом скребково-ковшового конвейера являются две бесконечно замкнутые пластинчатые катковые цепи с ребордами на катках на подшипниках качения или скольжения. Привод редукторный с автоматическим тормозным устройством. Натяжные устройства винтовые или пружинно-винтовые, ход натяжного устройства равен 1,5–2 $t_{ц}$. Привод и натяжное устройство в зависимости от конфигурации трассы располагают как в верхней, так и в нижней части конвейера. Ковши скребково-ковшовых конвейеров имеют призматическую форму и изготавливаются сварными из листовой стали толщиной 3–8 мм. Ширина ковшей $B = 300–1200$ мм; вылет $A = 300–600$ мм; глубина $h_1 = 150–300$ мм; шаг a_k – не менее двух шагов цепи.

Объем ковшей скребково-ковшовых конвейеров

$$i_0 = \frac{Q a_k}{3,6 v \rho \psi}, \quad (4.29)$$

где Q – производительность, т/ч;

a_k – шаг ковшей, м;

v – скорость движения ($v = 0,16–0,6$ м/с);

ρ – плотность груза, кг/л;

ψ – коэффициент заполнения ковшей ($\psi = 0,75–0,9$).

При транспортировании кусковых грузов величину вылета ковша A необходимо проверить по условию кусковатости

$$A \geq X_3 a, \quad (4.30)$$

где a – размер максимального типичного куска груза, мм;

X_3 – коэффициент кусковатости, для сортированных грузов $X_3 = 3-5$; для рядовых грузов $X_3 = 2,5-3$.

Тяговый расчет выполняют методом обхода по контуру. Сопротивления на прямолинейных горизонтальных участках определяют так же, как для скребковых конвейеров, с теми же коэффициентами. На вертикальных участках для загруженной ветви сопротивление движению равно силе тяжести ходовой части с грузом, для незагруженной ветви – силе тяжести (без груза). Первоначальное натяжение цепи принимают $S_0 = S_{\min} = 3000-10000$ Н.

4.3.3 Ковшовые конвейеры

4.3.3.1 Элементы конвейеров, выбор основных параметров.

Ковшовые конвейеры (рис. 4.32) имеют схемы трассы такие же, как и скребково-ковшовые, но их конструкции и способ перемещения груза имеют существенные отличия.

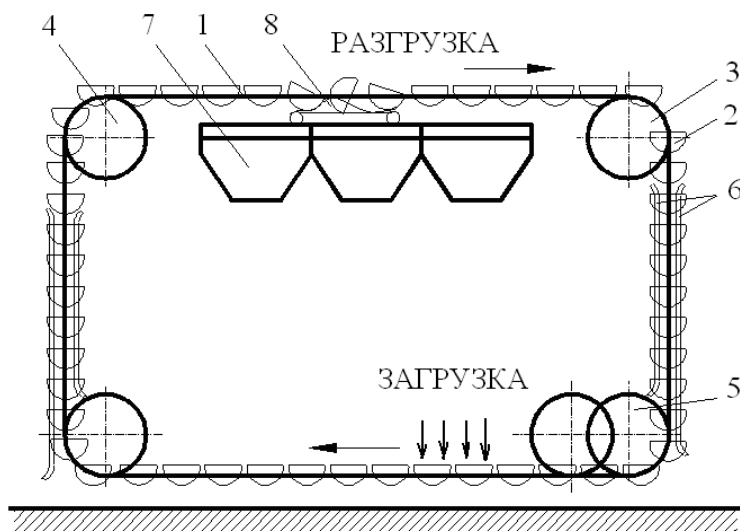


Рис. 4.32. Схема ковшового конвейера:

- 1 – катковые цепи; 2 – ковши; 3 – привод; 4 – отклоняющие звездочки;
- 5 – натяжное устройство; 6 – направляющие рельсы; 7 – приемный бункер;
- 8 – разгрузочное устройство

Ковшовые конвейеры перемещают сухие, хорошо сыпучие пылевидные, зернистые и мелкокусковые грузы на предприятиях химической и угольной промышленности, цементных заводах и др.; имеют такие же схемы трассы, как и скребково-ковшовые конвейеры.

Ковши размещаются между двумя пластинчатыми катковыми цепями на свободных шарнирах, ось подвешивания ковша располагается выше его центра тяжести, благодаря чему ковши постоянно сохраняют устойчивое от-

весное положение на всех участках трассы без дополнительной фиксации и автоматический возврат в исходное положение после опрокидывания для разгрузки (рис. 4.33).

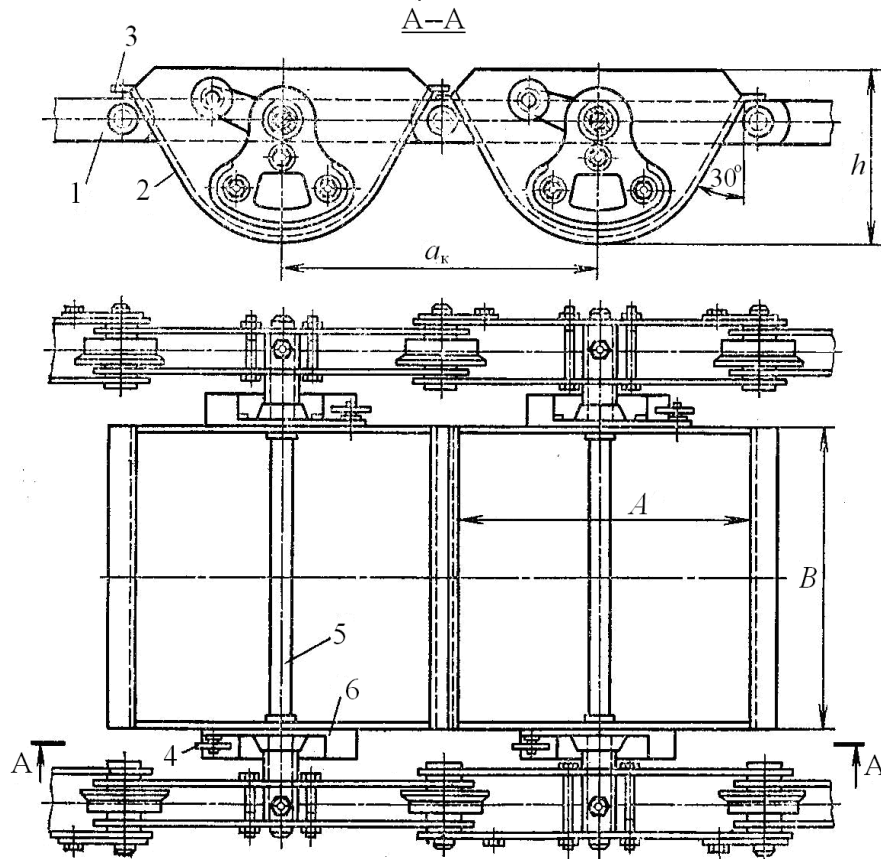


Рис. 4.33. Ходовая часть ковшового конвейера с сомкнутыми ковшами:
 1 – цепь; 2 – ковши с закругленным днищем; 3 – козырьки;
 4 – ролик; 5 – ось; 6 – упоры

Загрузка производится на нижнем горизонтальном участке, разгрузка – в любом месте верхнего горизонтального участка.

Основные параметры ковшовых конвейеров: ширина ковшей 400; 500; 650; 800; 1000 мм; скорость движения полотна 0,16 – 0,4 м/с; производительность 10–500 т/ч; длина горизонтальных участков до 150 м; высота подъема до 60 м.

Привод редукторный с автоматическим тормозным устройством, натяжное устройство – винтовое, пружинно-винтовое. Основным недостатком является возможность раскачивания и ударов ковшей друг о друга при скорости более 0,4 м/с.

Ходовая часть ковшового конвейера выполняется с сомкнутыми и расставленными ковшами. Ковши ковшового конвейера выполняются сварными из листовой стали толщиной 2–6 мм и подвешивают на консольных осях, ко-

торые установлены на пластинах цепи [2]. Ковши устанавливают сплошным сомкнутым строем или расставленными на ходовой части (рис. 4.34). Переориентирование козырьков сомкнутых ковшей необходимо, если трасса конвейера имеет повороты ходовой части в разные стороны.

Сомкнутые ковши имеют наибольшее распространение, зазор между ними перекрывается планками-козырьками, что обеспечивает непрерывную загрузку. Расставленные ковши располагаются на некотором расстоянии друг от друга, поэтому загрузка производится порционно с помощью дозирующих устройств.

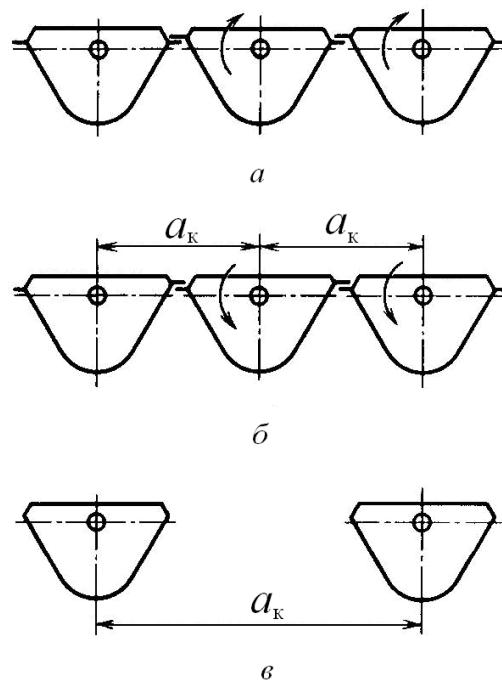


Рис. 4.34. Схемы ходовой части конвейера с сомкнутыми (а, б) и расставленными (в) ковшами

Разгрузка ковшей (рис. 4.35) выполняется с помощью принудительного воздействия на них разгрузочных шин, установленных на тележке, передвигаемой по всему фронту разгрузки.

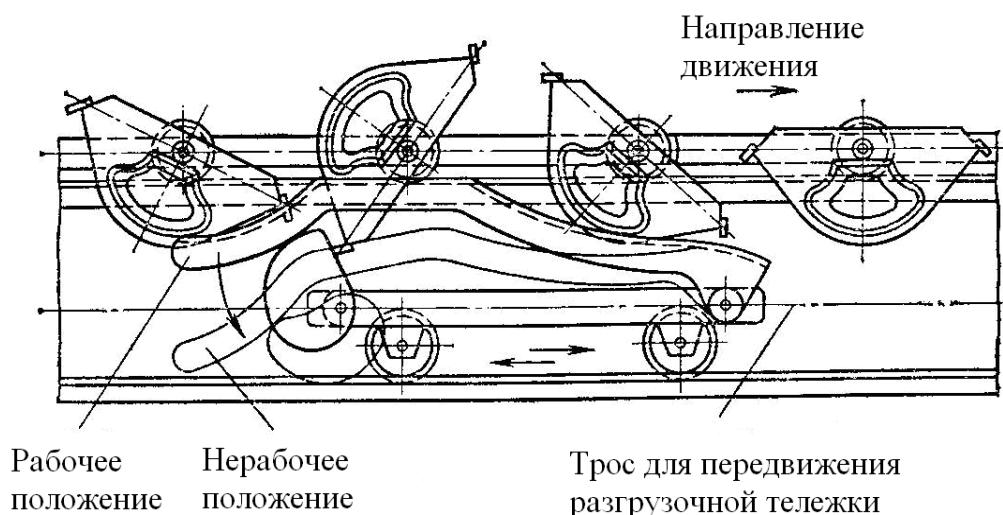


Рис. 4.35. Разгрузочное устройство ковшового конвейера

Ковши конвейера упираются направляющими в нажимную шину и опрокидываются до полного опорожнения. Разгрузочные шины могут быть установлены стационарно в одном или нескольких пунктах.

Сомкнутые ковши с козырьками имеют переориентировщик ковшей. Переориентирование выполняется с помощью направляющих шин путем наклона ковша и перевода его первого (по ходу) козырька из верхнего положения в нижнее или наоборот.

Тяговым элементом ковшовых конвейеров являются две пластинчатые цепи с катками с ребордами на подшипниках скольжения или качения с шагом 315, 400, 500, 630, 800 и 1000 мм.

Движение полотна передается от редукторного привода с тормозным устройством. Натяжение цепей производится с помощью винтового, пружинно-винтового или грузового натяжного устройства, ход натяжного устройства $X \geq 1,6 t_{ц}$. Привод устанавливается после участков с наибольшим сопротивлением, т. е. после длинных горизонтальных загруженных участков и участков с большими подъемами. Натяжное устройство устанавливается в месте наименьшего натяжения тяговых цепей, т. е. в месте спуска холостой ветви конвейера.

4.3.3.2 Особенности расчета ковшового конвейера

Расчет ковшового конвейера выполняется в два этапа: предварительное определение основных параметров и ходовой части по исходным данным; поверочный расчет с параметрами, определенными в первом этапе [1].

Производительность ковшового конвейера

$$Q = \frac{3,6v_0\nu\rho\Psi}{a_k}, \quad (4.31)$$

где v_0 – объем ковша, л;

$v = 0,16-0,4$ м/с – скорость конвейера;
 $\psi = 0,7-0,85$ – коэффициент заполнения ковшей (меньшее значение для кусковых, большее – для хорошо сыпучих пылевидных и зернистых грузов);
 a_k – шаг ковшей, м.

Размеры ковша проверяют по условию кусковатости.

Предварительное натяжение тяговых цепей

$$S_{\max} = \{S_0 + \omega[(q_{\Gamma} + q_0)L_{\Gamma} + q_0L_x] + (q_{\Gamma} + q_0)H\}(1 + 0,1y), \quad (4.32)$$

где S_0 – начальное натяжение цепей, принимается $S_0 = 20-30$ кН;

L_{Γ} – длина загруженных горизонтальных участков, м;

L_x – длина порожних горизонтальных участков, м;

H – высота подъема груза, м;

y – количество поворотных устройств (включая НУ).

Расчетное усилие на одну цепь

$$S_{\text{расч}} = 1,15 S_{\max} / 2. \quad (4.33)$$

Расчет размеров тяговых цепей проводится с учетом динамических нагрузок. По расчетному усилию выбирают тяговую цепь и определяют нагрузки q_0 и q_{Γ} , q_0 – распределенная масса движущихся частей, $q_0 = (250-300)B$, B – ширина ковша, м; q_{Γ} – распределенная масса груза на 1 м полотна конвейера, $q_{\Gamma} = Q / 3,6 v$.

Определение сил сопротивлений.

На горизонтальных прямолинейных участках:

– для загруженной ветви $W_{\Gamma} = (q_{\Gamma} + q_0) L_{\Gamma} \omega$;

– для холостой ветви $W_x = q_0 L_x \omega$.

На поворотных и натяжных устройствах

$$W_{зв} = S_{n-1} (\xi - 1), \quad (4.34)$$

где S_{n-1} – натяжение перед поворотным устройством, Н;

ξ – коэффициент сопротивления движению на ходовой части на поворотных и натяжных устройствах.

Сопротивления на разгрузчиках

$$W_p = 1,2 (m_k g + q_{\Gamma} t_k), \quad (4.35)$$

где m_k – масса порожнего ковша, кг;

t_k – шаг ковша, м.

Максимальное натяжение цепей $S_{\max} = S_{нб}$.

Окружное усилие на приводных звездочках

$$P_0 = S_{нб} - S_{сб} \quad (4.36)$$

Крутящий момент на приводном валу

$$M_{пр} = (P_0 D_0) / 2 \eta_{пр}, \quad (4.37)$$

где D_0 – диаметр начальной окружности приводных звездочек, см;

$\eta_{пр} = 1 / \xi$ – КПД привода вала.

Мощность электродвигателя

$$N = v k_3 \Sigma W / \eta, \quad (4.38)$$

где k_3 – коэффициент запаса;

По рассчитанной мощности двигатель выбирается по каталогу.

Тормозной момент

$$M_T = (q_T H - c_T \Sigma W)(D_0 / 2) \eta_{пр} = [q_T H - c_T (P - q_T H)] (D_0 / 2) \eta_{пр}, \quad (4.39)$$

где c_T – коэффициент уменьшения сопротивлений.

Подробный тяговый расчет производится методом обхода по контуру (рис. 4.36), начиная с точки наименьшего сопротивления – точки (0), формулы для расчета представлены в табл. 4.5.

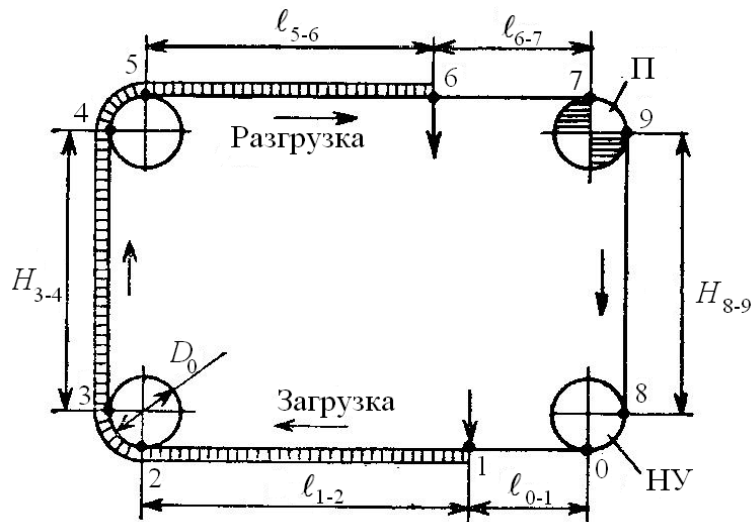


Рис. 4.36. Схема для подробного тягового расчета

Поверочный тяговый расчет заключается в определении и последовательном суммировании сил сопротивления по контуру трассы: от точки наименьшего натяжения по направлению движения; от точки наименьшего натяжения против направления движения до привода.

Формулы к подробному тяговому расчету ковшового конвейера

№ точки	Формула к расчету
Расчет по направлению движения	
0	$S_0 = S_{\min} = 20-30 \text{ кН}$
1	$S_1 = S_0 + q_0 \omega \ell_{0-1}$
2	$S_2 = S_1 + (q_{\Gamma} + q_0) \omega \ell_{1-2}$
3	$S_3 = S_2 + S_2 (\xi - 1) + (q_{\Gamma} + q_0) (D_0 / 2) \xi$
4	$S_4 = S_3 + (q_{\Gamma} + q_0) H_{3-4}$
5	$S_5 = S_4 + S_4 (\xi - 1) + (q_{\Gamma} + q_0) (D_0 / 2) \xi$
6	$S_6 = S_5 + (q_{\Gamma} + q_0) \omega \ell_{5-6} + 12 (m_{\text{к}} g + q_{\Gamma} t_{\text{к}})$
7	$S_7 = S_6 + q_0 \omega \ell_{6-7} = S_{\text{нб}}$
Расчет против направления движения	
8	$S_8 = S_0 + q_0 (D_0 / 2) \xi - S_0 [1 - (1/\xi)]$
9	$S_9 = S_8 + q_0 H_{8-9} = S_{\text{сб}}$

4.3.4 Люлочные конвейеры

Люлочные конвейеры (рис. 4.37, 4.38) по конструкции подобны ковшовым конвейерам, но в качестве грузонесущего элемента вместо ковшей используются шарнирно-подвешенные полки (люльки) [2, 3].

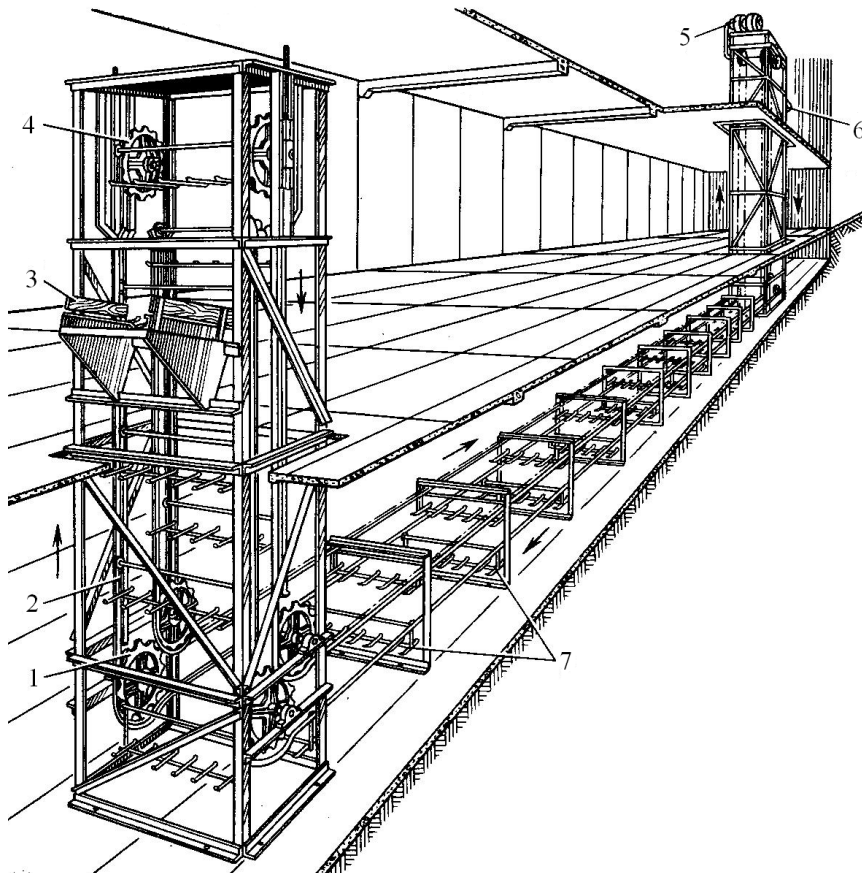


Рис. 4.37. Люлочный конвейер:

1 – отклоняющие звездочки; 2 – направляющие; 3 – загрузочное устройство;

4 – НУ; 5 – привод; 6 – разгрузочное устройство; 7 – ходовая часть

Люлочные конвейеры предназначены для перемещения штучных грузов небольшой массы (детали машин, книги, ящики и др.) по сложной трассе (рис. 4.39), расположенной в вертикальной плоскости (междуэтажное транспортирование грузов) в комплексе с технологическим оборудованием.

Загрузка и разгрузка люлочных конвейеров выполняется на вертикальных участках вручную или автоматически с помощью специальных устройств. К основным параметрам относятся: общая длина конвейеров до 150 м; высота вертикальных участков до 30 м; скорость до 0,35 м/с.

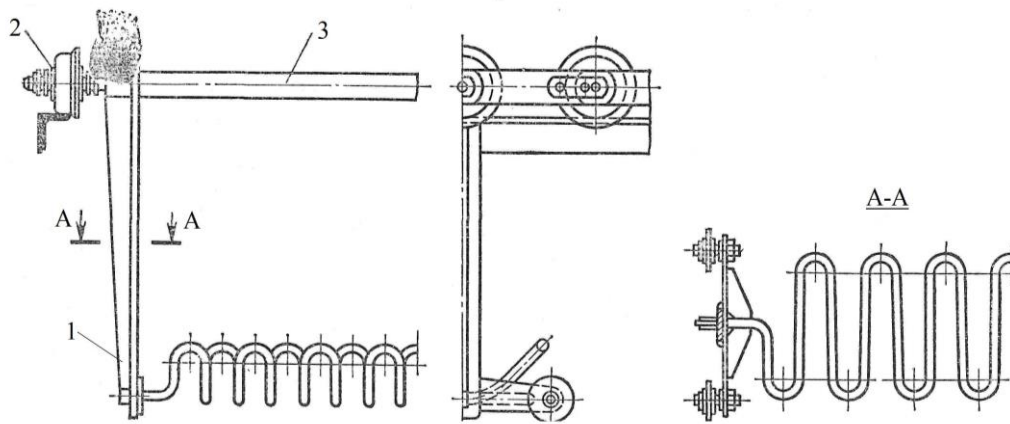


Рис. 4.38. Ходовая часть люлочного конвейера:
1 – люльки; 2 – тяговые цепи; 3 – оси

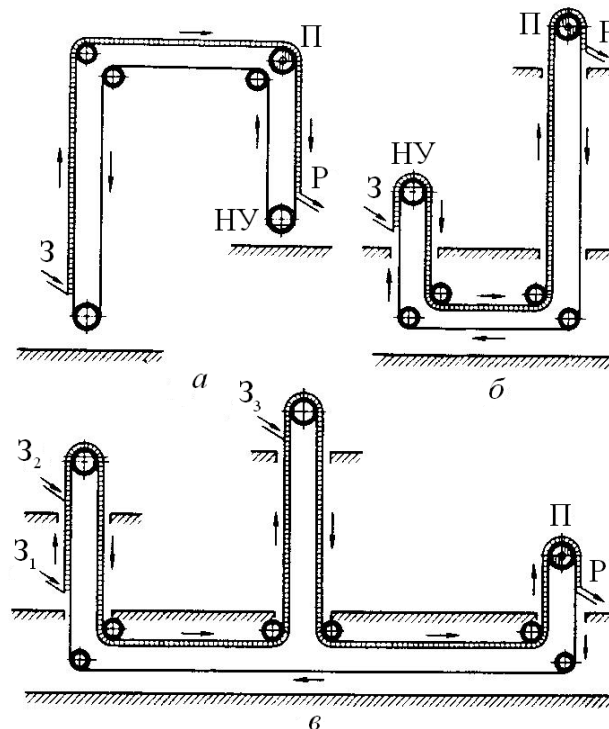


Рис. 4.39. Схемы трасс люлечных конвейеров:
П – привод; НУ – натяжное устройство; З – зона загрузки; Р – зона разгрузки

В люлечных конвейерах используют редукторный привод с тормозом обратного хода цепи для предотвращения обратного движения ходовой части загруженного конвейера в случае перерыва подачи тока.

Несущими элементами люлечных конвейеров являются люльки (подвески) разнообразных конструкций в зависимости от массы, формы и габаритных размеров перемещаемых грузов и способов загрузки и разгрузки. При автоматической загрузке и разгрузке применяют гребенчатые (колосниковые) люльки (рис. 4.38), которые разгружаются на ходу с помощью гребенчатых столов-лотков.

Тяговым элементом являются две пластинчатые катковые цепи с шагом 100; 125; 200; 250; 315 мм. Загрузочные и разгрузочные устройства выполняют в виде гребенчатых столов-лотков.

Производительность люлечного конвейера

$$Z = \frac{3600vz_B}{a}, \quad (4.40)$$

где v – скорость конвейера (обычно $v \leq 0,35$ м/с);

z_B – количество штучных грузов, перемещаемых одной люлькой, шт.;

a – шаг люлек, м.

Шаг люлек выбирают в зависимости от габаритных размеров штучных грузов и проверяют на проходимость люлек по криволинейным участкам трассы.

Тяговый расчет начинают с определения точки минимального натяжения цепей S_{\min} , обычно принимают $S_{\min} = 2-3$ кН.

Распределенную массу груза, приходящуюся на 1 м длины полотна конвейера, вычисляют по формуле

$$q = \frac{Z}{3,6v}. \quad (4.41)$$

Распределенную массу q_0 движущихся частей определяют путем суммирования массы тяговых цепей и люлек.

Расчет необходимой мощности привода выполняют по общему алгоритму, определенному для других типов цепных конвейеров.

Контрольные вопросы

1. Классификация, области применения и назначение ковшовых, скребково-ковшовых и люлечных конвейеров, их достоинства и недостатки.
2. Конфигурация трассы ковшовых, скребково-ковшовых и люлечных конвейеров, способы загрузки и разгрузки.
3. Основные конструктивные особенности ковшовых и скребково-ковшовых конвейеров.
4. Особенности крепления и установки ковшей, материалы для их изготовления.
5. Основные параметры и элементы скребково-ковшовых конвейеров.
6. Основные параметры и элементы ковшовых конвейеров.
7. Устройство и принцип действия разгрузочной тележки ковшового конвейера.
8. Алгоритм расчета ковшовых и скребково-ковшовых конвейеров.
9. Назначение, общее устройство и основные параметры люлечных конвейеров.
10. Способы крепления и конструкции грузонесущих элементов люлечных конвейеров.

4.4 Подвесные, тележечные, грузоведущие, штанговые и шагающие конвейеры

4.4.1 Подвесные конвейеры. Основные типы и конструктивные особенности, классификация, принцип действия

Подвесные конвейеры служат для перемещения разнообразных по форме, габаритным размерам и массе штучных грузов: полуфабрикатов, сборочных единиц и готовых изделий по замкнутому контуру сложной пространственной трассы со скоростью 0,1–45 м/мин. На подвесном конвейере транспортируемые грузы размещаются на подвесках или в коробах, подвешенных к кареткам или тележкам, движущимся вместе с ходовой частью по подвесному направляющему пути [2].

Подвески загружаются и разгружаются на ходу конвейера вручную или автоматически. Во время транспортирования грузы подвергаются различным технологическим операциям (механической очистке в пескоструйных камерах, мойке и травлению в химических ваннах, окраске, сушке, термообработке, складированию, сборке и т. д.).

Подвесные конвейеры применяют в машиностроительной, химической, пищевой и других отраслях промышленности.

Подвесные конвейеры классифицируют по способу соединения тяговой цепи с подвеской, по характеру перемещения грузов:

подвесной грузонесущий конвейер, который имеет каретки с подвесками, прикрепленные к цепи и перемещающиеся по постоянной трассе подвесных путей;

подвесной грузотолкающий конвейер имеет неприкрепленные к тяговой цепи тележки с подвесками, которые движутся по отдельному подвесному пути при помощи толкателей, закрепленных на тяговой цепи и толкающих находящиеся перед ними тележки с грузами. Цепь с каретками и толкателями движется по тяговому подвесному пути, а тележки с грузами – по самостоятельному грузовому пути;

подвесной несущо-толкающий конвейер представляет собой сочетание грузонесущего и толкающего конвейеров. У конвейера такого типа к тяговой цепи прикреплены каретки с крюками-толкателями, подвеска с грузом прикреплена к грузовой тележке и перемещается на одних участках трассы проталкиванием (как у толкающего конвейера), на других – в подвешенном состоянии на крюке каретки (как у грузонесущего конвейера);

подвесной грузоведущий конвейер перемещает напольные тележки с грузом, которые передвигаются по полу склада или цеха. Тележки имеют вертикальную ведущую штангу, взаимодействующую с толкателем каретки, которая соединена с тяговой цепью и перемещается по подвесному пути;

подвесной несущо-грузоведущий конвейер перемещает напольные тележки, шарнирно прикрепленные к каретке, движущейся по подвесному пути. На одних участках трассы тележка перемещается по полу цеха или склада, на других – поднимается и транспортируется в подвешенном состоянии (с одного уровня на другой).

Конструкции всех типов подвесных конвейеров имеют много общего, используются унифицированные тяговые цепи, приводы, поворотные и натяжные устройства. Существенные отличия имеют ходовые пути, тележки и другие специфические сборочные единицы и элементы.

4.4.1.1 Подвесные грузонесущие конвейеры.

Подвесной грузонесущий конвейер (рис. 4.39) состоит из тягового элемента, замкнутого по контуру трассы, с прикрепленными к нему каретками, к которым шарнирно подвешены подвески с транспортируемыми грузами [1, 2].

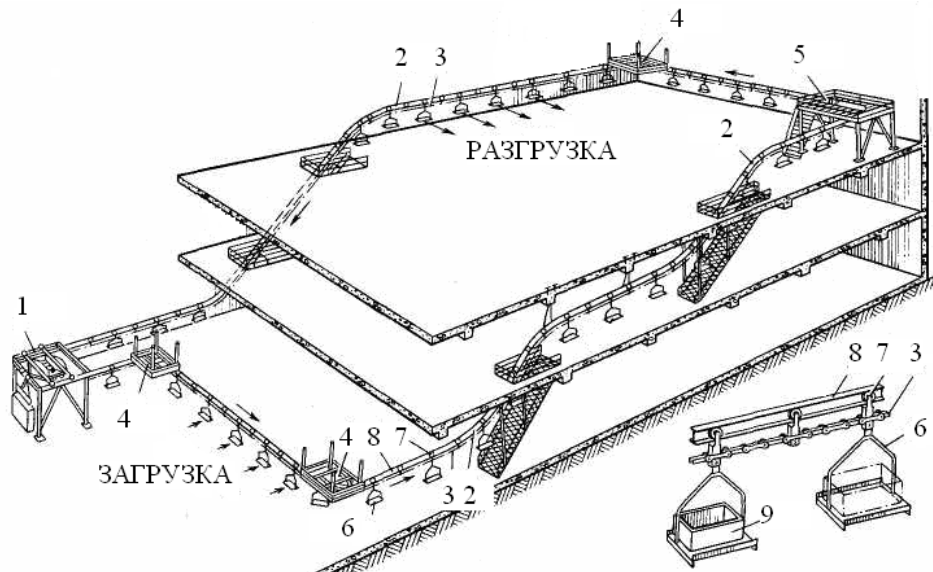


Рис. 4.39. Подвесной грузонесущий конвейер:

- 1 – натяжное устройство; 2 – вертикальные перегибы трассы; 3 – тяговый элемент;
 4 – поворотные устройства; 5 – привод; 6 – подвески; 7 – каретки;
 8 – подвесной путь; 9 – груз

Тяговый элемент с каретками и подвесками движется при помощи привода по замкнутому подвесному пути, подвешенному к элементам или опорным конструкциям здания. Необходимое натяжение тягового элемента обеспечивается натяжным устройством.

Основными параметрами подвесных конвейеров являются массовая производительность Q (т/ч), штучная производительность Z (шт./ч), скорость цепи v (м/с), шаг цепи $t_{ц}$ (м), грузоподъемность каретки N_r (кг). Подвесные конвейеры классифицируются: по характеру привода: одноприводные и многоприводные; по типу тягового элемента: цепные и канатные.

Преимуществами подвесных конвейеров являются: пространственная трасса, позволяющая обслужить полный производственный цикл не только в одном помещении, но и в рядом расположенных зданиях; приспособляемость трассы к возможным изменениям технологического процесса; возможность создания на конвейере запаса изделий; малый расход энергии; возможность широкого применения автоматизации.

Тяговым элементом подвесных конвейеров, расположенных в горизонтальной плоскости служит цепь или канат; для конвейеров с пространственной трассой применяются специальные (разборные) цепи, которые обеспечивают повороты в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

Грузонесущими элементами являются каретки: грузовые (одинарные и траверсные) служат для крепления подвески с грузом и перемещения их по подвесным путям; опорные (поддерживающие) устанавливаются между грузовыми и служат для поддержки цепи и уменьшения ее провеса. Конструкция

каретки зависит от типа направляющих путей, по которым она перемещается. Каретка (рис. 4.40) подвешенного конвейера состоит из двух катков с консольными осями и подшипниками, кронштейнов и прокладок.

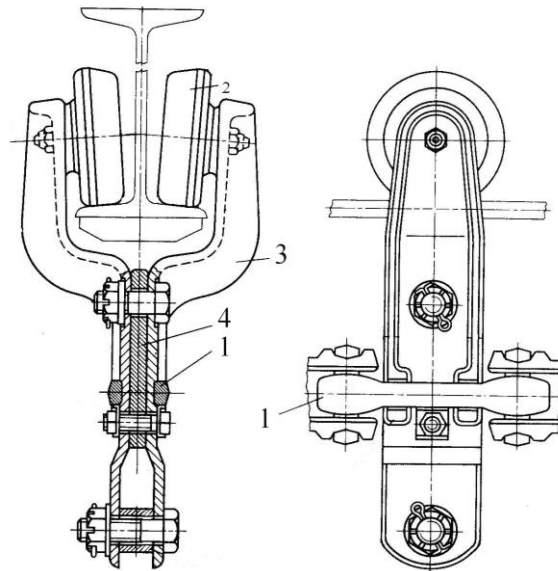


Рис. 4.40. Каретка подвешенного грузонесущего конвейера:
1 – цепь; 2 – катки; 3 – кронштейн; 4 – прокладки

Катки кареток – безребордные; профиль обода катка зависит от профиля пути. Наиболее целесообразным исполнением каретки является конструкция катка-подшипника со сфероконическим ободом (как единый комплект), обеспечивающая высокую надежность. Кронштейны кареток должны иметь высокую прочность и жесткость при минимальной массе.

Шаг кареток (рис. 4.41) зависит от шага подвесок с грузом и необходимых радиусов вертикальных перегибов, с уменьшением шага кареток радиус уменьшается. Для конвейеров с вертикальными перегибами каретки устанавливают на расстоянии 4–10 шагов цепи, но не более 960 мм. На горизонтальных конвейерах без вертикальных перегибов шаг кареток увеличивается до 1600мм. Шаг кареток для разборных и круглозвенных цепей должен быть кратным двум шагам цепи.

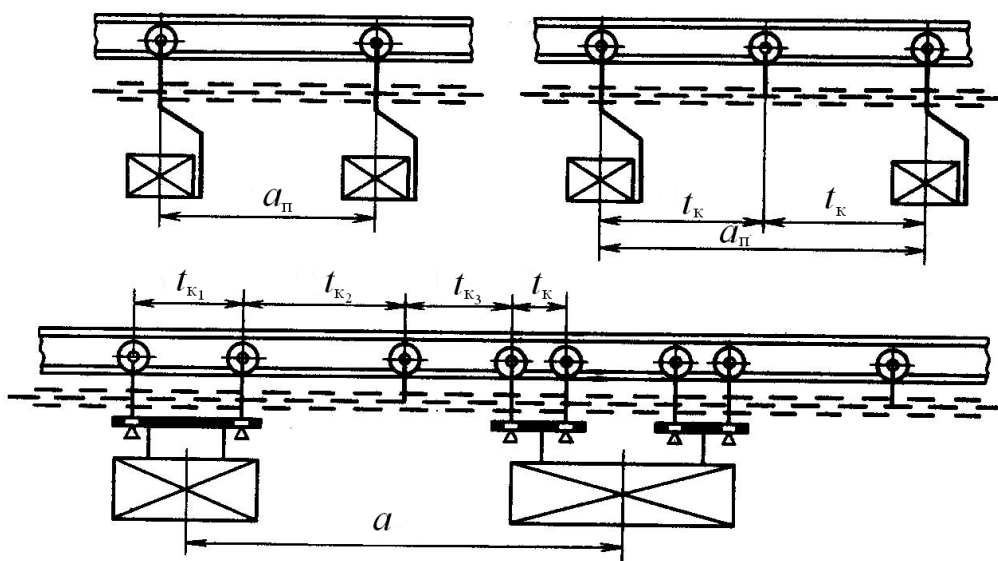


Рис. 4.41. Схема установки одинарных и траверсных кареток на тяговой цепи

Для конвейеров с пространственной трассой шаг кареток обычно принимается не более 6–10 шагов цепи. Если шаг подвесок больше, то между грузовыми устанавливают опорные каретки, тогда шаги кареток могут быть одинаковыми или неодинаковыми.

Для конвейеров с вертикальными перегибами шаг кареток $t_k = (4-10) t_{ц}$, при большем шаге устанавливают вспомогательные каретки для предотвращения чрезмерного провисания цепи.

Поворотные устройства (рис. 4.42) служат для изменения направления движения тягового элемента на горизонтальных поворотах и устанавливаются на стойках с консолями, на кронштейнах, тягах и конструкциях, подвешиваемых к перекрытию здания. Выбор поворотного устройства зависит от конструкции тягового элемента, его натяжения, радиуса и угла поворота.

Поворотное устройство со звездочкой применяют для разборной, пластинчатой и др. цепей. Поворотные звездочки имеют 6–13 зубьев, диаметр начальной окружности 300–1300 мм, изготавливаются из стали 35Л, из серого чугуна или сварными из листовой стали Ст3.

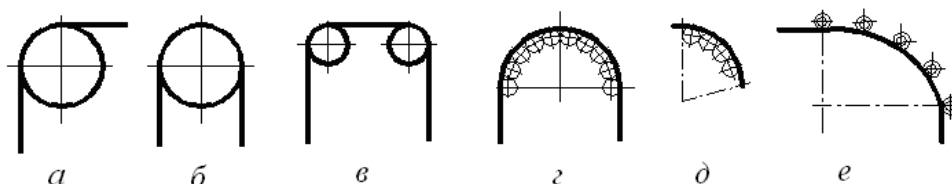


Рис. 4.42. Схемы горизонтальных поворотов подвесных конвейеров:
a, б, в – на звездочках или блоках; *г, д* – на роликовой батарее; *е* – на направляющей шине

Поворотные блоки разделяют по профилю обода: с гладким ободом и с выемкой. Поворотные блоки используют для пластинчатых, разборных, круг-

лозвенных цепей и канатов. Блоки имеют диаметр 300–1200 мм, изготавливаются из серого чугуна или свариваются из стали. Звездочки и блоки устанавливаются на подшипниках качения на неподвижной оси опоры, которая закрепляется на металлоконструкции.

Роликовая батарея (рис. 4.43) представляет собой ряд стационарных роликов, расположенных по дуге.

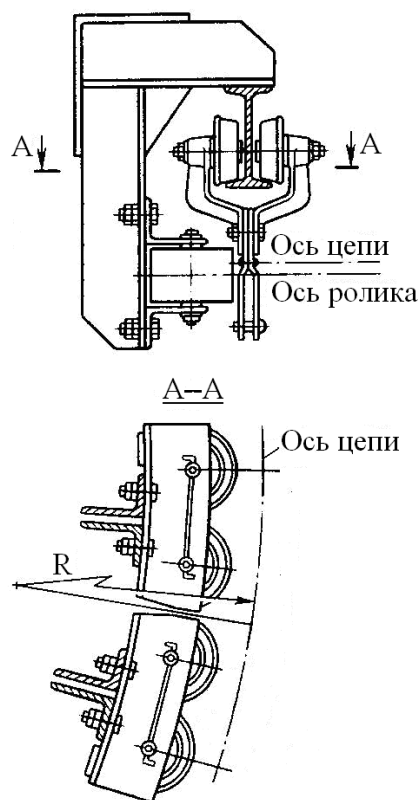


Рис. 4.43. Поворотное устройство подвешенного конвейера на роликовой батарее

Оси роликов крепятся на неподвижном каркасе на металлоконструкции или на ходовом пути. Ролики изготавливают из серого чугуна или из стали 40, диаметр роликов 70 мм, шаг роликов 90–170 мм. Роликовые батареи используют для разборных или пластинчатых цепей.

Направляющие шины представляют собой изогнутый по радиусу участок ходового пути и используются для двухшарнирных и стержневых цепей.

Поворотные устройства устанавливаются на металлических стойках с консолями, на кронштейнах, тягах и конструкциях, подвешиваемых к перекрытию здания.

Радиус поворота пути в горизонтальной плоскости зависит от типа и размеров поворотного устройства и типа тягового элемента, радиус поворота пути на звездочке выполняют меньше радиуса ее начальной окружности. При повороте на блоках с гладкими ободами радиус поворота пути определяют с учетом расположения тягового элемента и каретки на блоке.

Радиус вертикальных перегибов трассы конвейера зависит от натяжения цепи; конструктивного соединения цепи с кареткой; расстояния между каретками; типа, конструкции и шага цепи; профиля направляющего подвешного пути. Вертикальные подъемы и спуски на трассе конвейера (рис.4.44) обеспечиваются применением двухшарнирной или секционной цепи с шарнирной подвеской в виде жесткого треугольника (или консольного стержня).

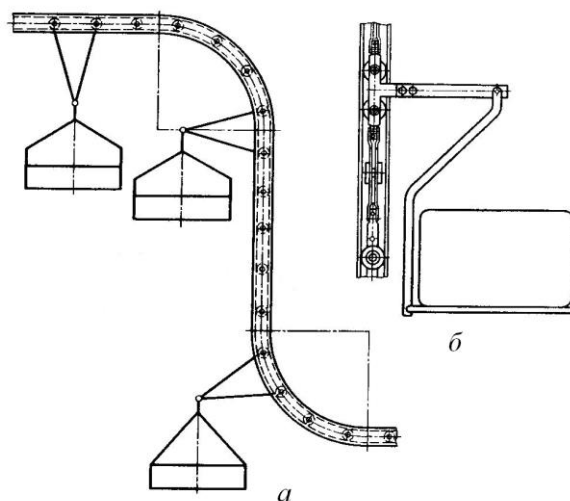


Рис. 4.44. Участки трассы подвешного грузонесущего конвейера с вертикальными перегибами с шарнирной подвеской:
а – в виде треугольника; *б* – консольного стержня

При установке на конвейере кареток с шагами разной величины радиусы перегибов выбирают по наибольшим шагам, радиусы вертикальных перегибов принимают одинаковыми для увеличения срока эксплуатации цепей, путей и кареток. При сочетании горизонтального поворота с вертикальным перегибом между начальными и конечными точками перегибов необходимы прямые участки для исключения возможности изгиба звеньев цепи в двух направлениях.

На вогнутых кривых вертикальных поворотах путей устанавливаются направляющие контршины для устранения чрезмерного подъема кареток и правильного направления их движения (рис. 4.45).

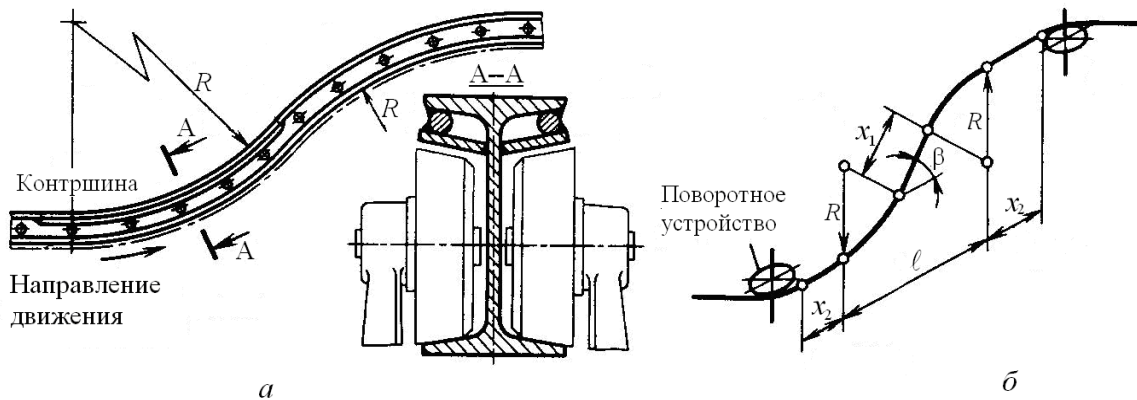


Рис. 4.45. Схемы вертикальных перегибов подвесного пути:
а – расположение контршин; *б* – сочетание вертикальных и горизонтальных поворотов

Подвесной путь, по которому движутся каретки, поддерживающие цепь и подвески с грузами, называют направляющим или ходовым. Конфигурация направляющего пути зависит от профиля трассы конвейера.

Направляющий путь выполняют из балок двутаврового сечения, фасонных гнутых профилей или уголкового проката из сталей марок Ст3 или 14Г2. Однобалочные пути (рис. 4.46, *а–в*) изготавливают из двутавровых балок, из труб или коробчатых профилей.

Двухбалочные пути (рис. 4.46, *г*) выполняют из двух прокатных или гнутых уголков или двух специальных гнутых профилей.

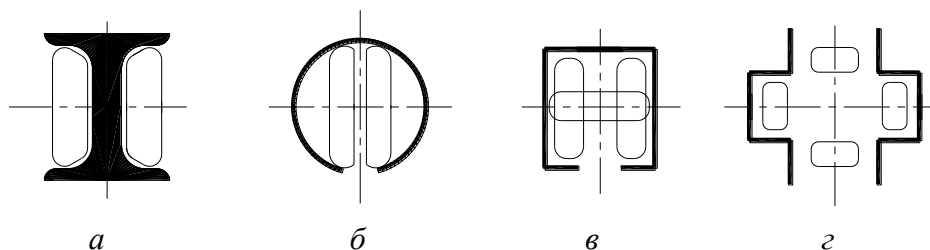


Рис. 4.46. Профили подвесного пути:
а–в – однобалочные; *г* – двухбалочные

Путь из двутавровых балок применяется на конвейерах среднего и тяжелого типов, его преимуществами являются простота изготовления и монтажа, жесткость и возможность использования верхних полок в качестве контршин. Пути из уголков и фасонных профилей устанавливаются на конвейерах среднего, легкого и весьма легкого типов; к их преимуществам относятся малая масса, возможность использования кареток с цилиндрическими катками, наличие промежутка между путями, что обеспечивает вертикальные перегибы с малым радиусом; недостатками являются малая жесткость и трудоемкость монтажных работ.

Пути изготавливают отдельными секциями, соединяют между собой раздвижными и неподвижными стыками, которые выполняют сварными и болтовыми с центрирующей накладкой. Стыки располагают на 1–1,5 м от опоры. Балки пути подвешиваются к конструкциям здания или к отдельным поддерживающим стойкам, чтобы не загромождать производственные площади. Подвесные пути рассчитывают на прочность по методам строительной механики.

Приводы подвесных конвейеров для всех типов цепей применяют угловые со звездочкой и прямолинейные гусеничные; для каната и круглозвенной цепи используют фрикционные приводы. Угловой привод со звездочкой устанавливают в местах горизонтального поворота трассы конвейера на 90 или 180°; гусеничный привод – на горизонтальных прямолинейных участках трассы. Механизмы гусеничного привода размещают на подвижной раме, которая может перемещаться внутри неподвижной рамы подвесного пути.

Приводы подвесных конвейеров обеспечивают постоянную или переменную скорость. Плавное изменение скорости достигается за счет применения вариатора скорости, гидромотора или электродвигателя постоянного тока. Привод устанавливается в точке максимального натяжения тяговой цепи – после длинных тяжело загруженных горизонтальных участков или больших подъемов для получения оптимальных величин тягового усилия и натяжения цепи (чтобы на участках трассы, имеющих большое количество поворотов, натяжения тягового элемента и величины сил сопротивлений были минимальными).

В многоприводном конвейере периодически устанавливают несколько приводных механизмов. В системе совместно работающих приводов все приводные механизмы конвейера должны иметь электродвигатели с одинаковыми характеристиками и одинаковое передаточное число.

Натяжные устройства подвесных конвейеров – грузовые (имеют наибольшее применение), пневматические, гидравлические, пружинно-винтовые и винтовые устанавливаются на повороте трассы на 180° в зоне малых натяжений, непосредственно после привода или после спуска

Количество натяжных устройств на конвейерах с объединенным приводом должно быть равно количеству приводных звездочек во избежание перенапряжения цепи при неравномерном ее изнашивании. В многоприводных конвейерах количество натяжных устройств равно количеству комплектов приводных механизмов. На конвейерах легкого типа натяжное устройство иногда объединяют с приводом, что позволяет исключить одно-два поворотных устройства.

Подвески являются грузонесущими элементами подвесного конвейера. Подвески имеют разнообразные конструкции, которые зависят от свойств груза, его размеров и массы, назначения конвейера, способа загрузки и разгрузки. Подвески выполняются в виде этажерок, лотков, крюков, захватов, коробов и др. и имеют шарнирное крепление к каретке или траверсе для

обеспечения вертикального положения на наклонных участках и надежного положения груза.

Подвеска должна быть прочной, экономичной, удобной для загрузки и разгрузки, надежной и безопасной для перемещения грузов на горизонтальных и наклонных участках трассы конвейера. Загрузка и разгрузка подвесок производится вручную, при помощи грузоподъемных устройств, полуавтоматически или автоматически (рис. 4.47, 4.48).

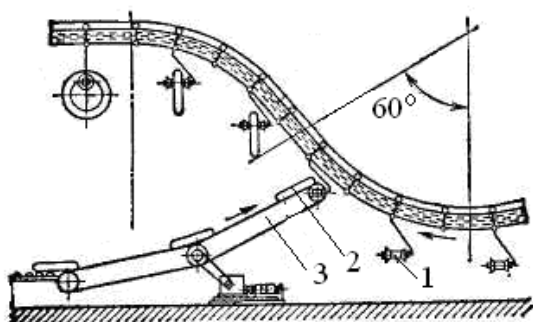


Рис. 4.47. Схема полуавтоматической загрузки подвесного конвейера:
1 – подвеска; 2 – груз;
3 – ленточный конвейер

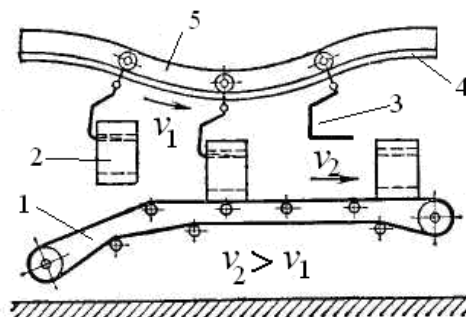


Рис. 4.48. Схема полуавтоматической разгрузки подвесного конвейера:
1 – ленточный конвейер; 2 – груз;
3 – подвеска; 4 – цепь; 5 – подвесной путь

Система автоматического адресования подвесок обеспечивает автоматическую загрузку и разгрузку в обусловленных местах [1].

Автоматическая разгрузка подвесок производится следующим образом: системой автоматического адресования подвеске задается пункт – адрес разгрузки; подвеска на ходу конвейера адресоносителем включает исполнительный механизм, при помощи которого подвеска или ее опорная часть освобождается от груза, или груз передается на устройство вне конвейера.

По способу управления различают системы децентрализованного (местного) и централизованного (с общего пульта) адресования, а также комбинированные системы управления.

Система децентрализованного управления (рис. 4.49) включает в себя комплект адресоносителей *АН* с набором элементов адресования, считывателей адреса *С1-С3*, устройств для приведения элементов адресования в нейтральное положение *СА* (сбрасывателя адреса) и адресователя *А* (настройщика адреса на адресоносителе) блока управления *БУ* и исполнительных механизмов *ИМ*.

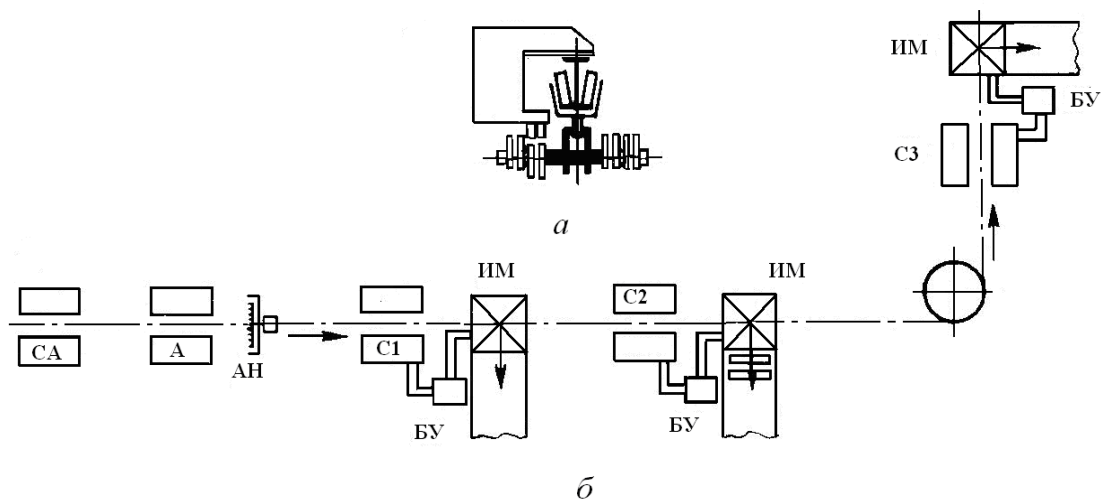


Рис. 4.49. Схема децентрализованного управления адресованием:
 а – контактное считывание адреса; б – схема расстановки комплекта аппаратуры

Элементами адресования (информации) являются диски, штыри, клавиши, выступы и контакты, комбинация расположения которых на адресоносителе задает определенный адрес транспортируемому грузу.

Адресоноситель АН (рис. 4.49) устанавливается на каждой подвеске конвейера и задает маршрут следования груза. Считыватели адреса С устанавливаются перед устройствами загрузки и разгрузки; сбросыватель адреса СА – после пунктов разгрузки перед началом нового маршрута; автоматический адресователь А – в начале нового маршрута, в пункте распределения грузов. Количество возможных адресов зависит от количества элементов адресования, расположенных на адресоносителе, способов их расположения и считывания и числа их одновременного действия, т. е. количество возможных адресов А определяется сочетанием числа элементов m из общего количества n [1].

Количество возможных адресов при одностороннем считывании элементов адресования, расположенных с одной (правой или левой) стороны пути конвейера

$$A_1 = C_n^m = \frac{n(n-1)(n-2)(n-3)\dots[n-(m-1)]}{1, 2, 3, \dots, m}, \quad (4.40)$$

где C_n^m – знак сочетания числа элементов m из общего их количества n ;

n – общее количество элементов адресования, расположенных на адресоносителе, шт.;

m – число одновременно действующих при установке адреса элементов адресования, шт.

Количество адресов при двустороннем считывании

$$A_2 = C_n^m 2^m = 2^m \frac{n(n-1)(n-2)(n-3)\dots[n-(m-1)]}{1, 2, 3, \dots, m}. \quad (4.41)$$

Контрольные и предохранительные устройства. Для исключения возможности падения перемещаемых грузов на всех подъемах и спусках трассы, а также на горизонтальных участках, расположенных над проходами и проездами, устанавливаются ограждения в виде лотка, которые выполняются из стальной сетки или листовой стали, укрепляются на рамке, подвешенной к ходовой части конвейера.

Случайные перегрузки привода и ходовой части конвейера контролируются установленными в приводе срезными штифтами и упорными пружинами. Для предохранения от аварии при случайном обрыве цепи на конвейере устанавливаются специальные ловители, захватывающие цепь или каретки при обрыве цепи.

Положения тележки и грузов натяжного устройства контролируются конечными выключателями, установленными на раме натяжного устройства. Исследование состояния цепи проводится вручную или автоматически. Конвейер (система подвесных конвейеров) имеет центральный пульт управления, на котором расположены пусковое и сигнальное устройства, лампы световой сигнализации, мнемосхема трассы с указанием пунктов загрузки и разгрузки конвейера.

На пульте отражается и фиксируется положение всех конечных выключателей, установленных на трассе конвейера, располагаются счетчики грузов. Современные конвейерные комплексы оснащены автоматизированной системой видеонаблюдения с устройствами электронного слежения, информация с которых оперативно передается на процессор центра управления.

Расчет подвесных конвейеров

Исходными данными к расчету являются:

схема трассы;

масса и габаритные размеры груза;

производительность Q , т/ч;

характеристика условий работы;

Основные расчетные параметры, получаемые в ходе расчета:

штучная производительность Z (шт/час);

скорость v (м/мин);

шаг подвесок $a_{\text{п}}$ (м);

количество грузов на подвеске i (шт).

Наименьший шаг подвесок a_{min} должен обеспечивать свободную проходимость грузов на горизонтальных поворотах с наименьшим радиусом R_{min} и на вертикальных перегибах с наибольшим углом наклона (рис. 4.50).

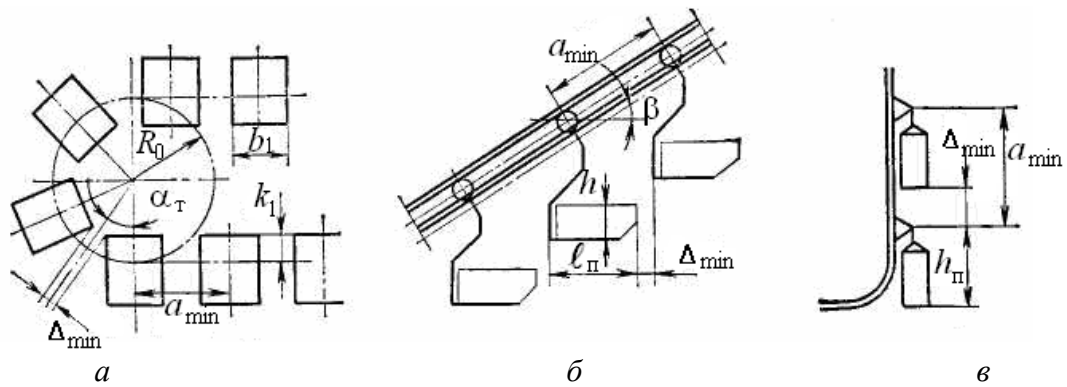


Рис. 4.50. Схемы для расчета шага подвесок на участке:
а – горизонтальном; *б* – наклонном; *в* – вертикальном

Минимальный шаг подвесок проверяют по условию свободной проходимости

$$a_{п \text{ min}} = (\ell_{\text{max}} + \Delta_{\text{min}}) / \cos\beta, \quad (4.42)$$

где ℓ_{max} – максимальная длина подвески с грузом;

$\Delta_{\text{min}} = 0,15\text{--}0,2$ м – минимальный зазор между подвесками и грузом;

β – угол наклона трассы к горизонтали ($\beta \leq 45^\circ$).

На вертикальных участках

$$a_{\text{min}} = h_{п} + \Delta_{\text{min}}, \quad (4.43)$$

где $h_{п}$ – максимальная высота подвески, м.

Шаг подвесок должен быть кратным двум шагам цепи, скорость движения тяговой цепи $v = 3\text{--}25$ м/мин в зависимости от массы грузов, производительности и способов загрузки и разгрузки.

Тяговый расчет подвесного конвейера производится по аналогии с другими конвейерами. Точкой минимального натяжения является точка в начале участка после наиболее загруженного спуска или точка сбегания цепи с приводной звездочки (у горизонтального конвейера). Обычно $S_{\text{min}} = 500\text{--}1000$ Н.

Расчетные линейные нагрузки на обратной q_0 и грузовой q ветвях

$$q_0 = g (m_{п} / a_{п} + m_{к} / t_{к}) + q_{ц}, \quad (4.44)$$

$$q = q_0 + (g m_{г} / a_{п}), \quad (4.45)$$

где $m_{п}$, $m_{к}$ и $m_{г}$ – массы подвески, каретки и груза (кг) соответственно;

$a_{п}$ – шаг подвесок, м;

$t_{к}$ – шаг кареток, м;

$q_{ц}$ – линейная нагрузка от тягового элемента, Н/м.

Максимальное расчетное натяжение тягового элемента

$$S_{\max} = S_0 K_M + \omega(qL_T + q_0 L_x)(1 + BK_M) + qH, \quad (4.46)$$

где $S_0 = S_{\min}$ – первоначальное натяжение цепи;

K_M – суммарный коэффициент сопротивлений движению кареток;

ω – коэффициент сопротивления движению на прямолинейном участке;

L_T и L_x – горизонтальные проекции загруженной и холостой ветвей конвейера, м;

$B = 0,3-0,5$ – коэффициент, зависящий от числа поворотов и перегибов трассы;

H – максимальная высота подъема, м.

По полученному натяжению выбирают тяговую цепь.

Подробный тяговый расчет производится путем последовательного суммирования сил сопротивления движению кареток на отдельных участках трассы [5].

Тяговое усилие на приводной звездочке и необходимую мощность двигателя определяют при максимальных скоростях и нагрузке, электродвигатель и редуктор выбирают по каталогу.

4.4.4.2 Подвесные грузотолкающие конвейеры

Подвесной грузотолкающий конвейер имеет замкнутую тяговую цепь с прикрепленными к ней каретками, которые перемещаются по верхним ходовым (тяговым) путям. Контур тяговой цепи располагается в одной плоскости или в пространстве и приводится в движение угловым или прямолинейным приводом. Основное оборудование толкающих конвейеров унифицировано с грузонесущими конвейерами, но подвесной толкающий конвейер значительно сложнее и дороже.

Основное отличие толкающего конвейера от грузонесущего состоит в том, что у толкающего конвейера подвеска с грузом при помощи толкателя подвешивается к тележке, движущейся по отдельному подвесному грузовому пути. Толкатели прикреплены к звену цепи или каретке, тележка к тяговой цепи не прикрепляется. Каретки и толкатели, соединенные общим контуром тяговой цепи, движутся по отдельному тяговому пути, который расположен параллельно грузовому.

Использование толкающего конвейера целесообразно на транспортно-технологических линиях для одновременного транспортирования, выполнения технологических операций и складирования разнообразных штучных грузов, узлов и агрегатов в различных отраслях промышленности.

Повороты путей подвесных грузотолкающих конвейеров в горизонтальной плоскости осуществляются поворотными устройствами, в вертикальной плоскости – изгибом тягового и грузового путей, как у грузонесущего

конвейера; первоначальное натяжение цепи осуществляется натяжным устройством.

Тяговая цепь, привод, поворотные и натяжные устройства грузонесущего и толкающего конвейеров имеют одинаковую конструкцию и параметры. Отсутствие крепления тяговой цепи к тележке и наличие двух отдельных путей (тягового для кареток с цепью и грузового для тележек с грузом) позволяют свободно включать и отключать тележки от контура действия тяговой цепи, переводить их на ответвления путей с помощью автоматически управляемых передаточных устройств и останавливать на ходу конвейера в заданных местах трассы при помощи остановов или автостопов.

Основными элементами подвесных толкающих конвейеров являются:

грузовые тележки служат для перемещения подвески с грузом по грузовым путям, тележки выполняют с двумя, четырьмя и шестью катками;

толкатели служат для перемещения тележки по грузовым путям; толкатели установлены на звене тяговой цепи между двумя каретками или на каретке; выбор конструкции толкателя определяется назначением и конструкцией конвейера;

ходовые пути: для конвейеров легкого и среднего типов грузоподъемностью 125 кг включительно ходовые пути изготавливают штамповкой из фасонных гнутых профилей из листовой стали толщиной 2,5–4 мм; для конвейеров среднего и тяжелого типов с тележками грузоподъемностью 125 кг и более пути изготавливают из прокатной стали двутаврового и швеллерного профилей из стали 30Г;

автостоп – механизм для отцепления тележки от толкателя движущейся цепи;

остановы – механизмы для остановки тележки в заданном месте грузового пути;

передаточные устройства предназначены для перемещения тележки или сцепы с одного конвейера на другой;

опускные и выдвижные секции – механизмы для вертикального (стационарная секция) и горизонтально-вертикального (передвижная секция) перемещения отрезка грузового пути с тележкой или сцепом с одного уровня трассы на другой;

предохранительные устройства (как у грузонесущих конвейеров): на подъемах и спусках трассы устанавливаются ловители тележек, случайно отсоединившихся от толкателей (принцип действия и порядок размещения ловителей тележек такие же, как и ловителей цепи);

система автоматического адресования: в толкающих конвейерах кроме обеспечения автоматической загрузки и разгрузки подвесок автоматическое адресование служит для распределения тележек по ответвлениям (заданному маршруту следования) в общей системе путей конвейера, количественного и номенклатурного учета перемещаемых грузов, контроля их движения и пооперационного включения некоторых технологических устройств.

По взаимному расположению тягового и грузового путей различают вертикальные и горизонтальные толкающие конвейеры. Тяговый и грузовой пути соединяют между собой и подвешивают к перекрытию здания или отдельным металлоконструкциям.

Отсутствие крепления тяговой цепи к тележке и наличие двух отдельных путей (тягового для кареток с цепью и грузового для тележек с грузом) позволяют свободно включать и отключать тележки от контура действия тяговой цепи, переводить их на ответвления путей с помощью автоматически управляемых передаточных устройств и останавливать на ходу конвейера в заданных местах трассы при помощи остановов или автостопов.

Основным параметром толкающего конвейера является грузоподъемность тележки. Общая протяженность трассы толкающих конвейеров на современных технологических линиях достигает 100 км и более. Недостатками толкающего конвейера по сравнению с грузонесущим являются: сложность конструкции и управления, высокая масса и стоимость, увеличенные габариты по высоте, высокий расход энергии. Однако при рациональном использовании подвесные и толкающие конвейеры обеспечивают высокую эффективность и окупаются в небольшие сроки.

Использование толкающего конвейера позволяет объединить в единую автоматизированную систему отдельные различные по ритму транспортные и технологические линии с многочисленными разветвлениями, объединяемыми несколькими тяговыми трассами.

4.4.4.3 Подвесные несущие-толкающие конвейеры

Подвесной несущий-толкающий конвейер представляет собой сочетание грузонесущего и толкающего конвейеров: на транспортных участках трассы такой конвейер работает как грузонесущий, на участках складирования, распределения, технологических операций – как толкающий конвейер [1, 2].

Подвесной несущий-толкающий конвейер имеет тяговый путь, каретки, цепь, привод, поворотные и натяжные устройства грузонесущего конвейера. К каретке шарнирно прикреплен крюк-толкатель, на транспортных участках грузовая тележка с захватной скобой и подвеской перемещается в подвешенном состоянии (как на грузонесущем конвейере), на участках с технологическими операциями устанавливаются грузовые пути с направляющими для крюка-толкателя. Перед технологическим участком грузовая тележка выходит из зацепления с кареткой и проталкивается как на толкающем конвейере.

Распределение тележек выполняется с помощью системы автоматического адресования. Переход тележки от грузонесущего конвейера к толкающему производится автоматически на ходу конвейера. Несущие-толкающие конвейеры перемещают грузы массой 50-500 кг при скоростях до 12 м/мин.

4.4.4.4 Подвесные грузоведущие конвейеры

В подвесном грузоведущем конвейере груз располагается на напольной тележке, которая перемещается с помощью захвата или толкателя, закрепленного на каретке. Передние катки тележки установлены на поворотной оси, а задние жестко соединены обоймой, такая конструкция обеспечивает хорошую проходимость тележек на поворотах трассы. На ведущей стойке напольной тележки установлен адресоноситель системы автоматического адресования, тележки распределяются с помощью стрелок на направляющих путях; на отводных путях тележки перемещаются с помощью дополнительных подвесных конвейеров.

Грузоведущие конвейеры имеют скорость до 45 м/мин, т. к. нет опасности раскачивания грузов. Расположение грузов на устойчивой тележке, движущейся по полу (сила тяжести груза передается на пол, а не на подвесной путь), дает возможность грузонесущему конвейеру перемещать грузы массой до 2500 кг со скоростью до 0,7 м/с. Увеличение грузоподъемности ограничивается опрокидывающим моментом, возникающим из-за верхнего приложения усилия, и возможность опрокидывания тележки на наклонных участках.

Грузоведущие конвейеры используются на складах, в багажных отделениях и других местах, где необходимо сортирование и распределение штучных грузов на большой площади.

4.4.4.5 Подвесные несуще-грузоведущие конвейеры

Подвесной несуще-ведущий конвейер на подъемах и спусках работает как грузонесущий, на горизонтальных участках – как грузоведущий. Напольная грузовая тележка (рис. 4.51) крепится к каретке рычажным захватом: в зависимости от участков трассы транспортируется как подвеска на грузонесущем или как тележка на грузоведущем конвейере.

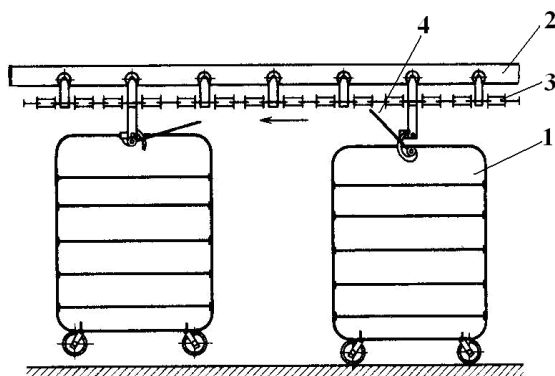


Рис. 4.51. Схема несуще-ведущего конвейера:
1 – тележка; 2 – подвесной путь; 3 – тяговая цепь; 4 – рычажный захват

Основными параметрами несуще-ведущего конвейера являются: грузоподъемность тележки до 1000 кг; скорость транспортирования до 0,2 м/с; углы наклона на подъемах и спусках трассы до 30°. Элементами несуще-

ведущего конвейера является унифицированное оборудование подвесных и грузонесущих конвейеров.

4.4.2 Тележечные грузонесущие конвейеры

Тележечный грузонесущий конвейер состоит из замкнутого контура тяговой цепи с постоянно прикрепленными к ней тележками (или платформами), которые движутся по направляющим путям. На тележках располагаются транспортируемые грузы-изделия [2].

Тележки и направляющие пути являются составными частями конвейера – это является принципиальным отличием грузонесущих тележечных конвейеров от напольных грузоведущих конвейеров.

Тележечные грузонесущие конвейеры используются для пооперационного перемещения тяжелых и габаритных штучных грузов при поточном технологическом процессе, а также на сборочных линиях; в литейном производстве для перемещения литейных форм в процессе сборки, заливки, охлаждения, выбивки, возврата пустых опок и др.

Тележечные грузонесущие конвейеры подразделяют на:

вертикально замкнутые с опрокидывающимися (рис. 4.52) и неопрокидывающимися тележками;

горизонтально замкнутые, трасса которых расположена в горизонтальной плоскости или в пространстве.

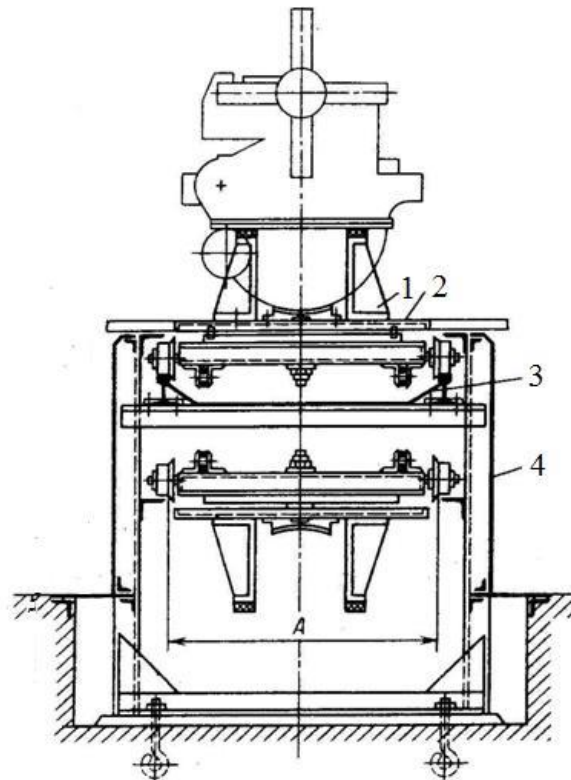


Рис. 4.52. Конвейер с опрокидывающимися тележками

для сборки автомобильных двигателей:
 1 – установочный кондуктор; 2 – поворотное приспособление;
 3 – сплошное перекрытие; 4 – ограждение

При небольших производственных помещениях и длительных технологических процессах (охлаждение или сушка изделий на конвейере) грузы могут совершать круговые движения без съема с тележек, что позволяет использовать конвейер как подвижный склад.

Для перемещения тяжелых и крупногабаритных изделий обычно применяют вертикально замкнутые конвейеры (рис. 4.53), для легких малогабаритных – горизонтально замкнутые.

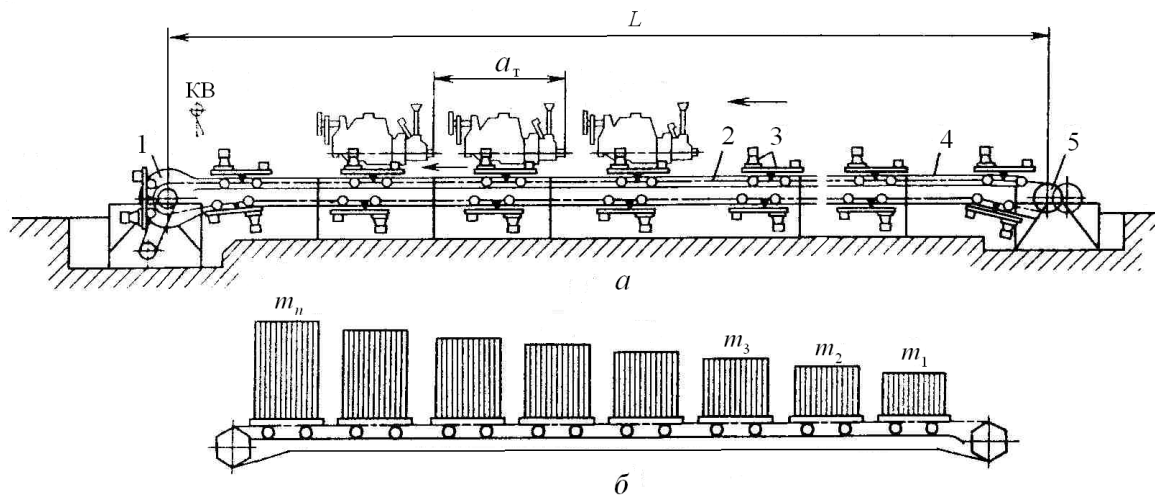


Рис. 4.53. Схема вертикально замкнутого тележечного конвейера с опрокидывающимися тележками:

a – схема конвейера; *б* – схема нагрузок на тележки; 1 – привод; 2 – тяговый элемент; 3 – тележки; 4 – опорная металлоконструкция; 5 – натяжное устройство

Основными параметрами тележечных грузонесущих конвейеров являются грузоподъемность и размеры тележки-платформы, которые определяются габаритными размерами и массой транспортируемого груза.

Обычно длина тележки ℓ в 1,25–2 раза больше ее ширины B (грузы располагаются длинной стороной вдоль продольной оси конвейера). Номинальный ряд ширины тележек: 200, 320, 400, 500, 650, 800, 1200 мм; грузоподъемность тележек составляет 10–8000 кг.

Отдельную группу тележечных конвейеров представляют распределительные настольные тележечные конвейеры с автоматической системой адресования тележек, такие конвейеры имеют вертикально замкнутую, горизонтально замкнутую или пространственную трассы. Горизонтально замкнутые тележечные конвейеры имеют напольное или настольное (на уровне высоты столов рабочих мест) перемещение тележек.

По характеру перемещения тележечные грузонесущие конвейеры выполняют с непрерывным или пульсирующим движением. Рабочей ветвью вер-

тикально замкнутых конвейеров является верхняя, что увеличивает его длину и продолжительность производственного процесса. В горизонтально замкнутых конвейерах обе ветви являются рабочими, что требует увеличения рабочей площади.

Тележки конвейеров жестко крепятся к звеньям цепи, при размере колеи тележки $A \leq 4$ шагов цепи используют одну цепь, при $A > 4$ шагов – две цепи. На участке приводной звездочки устанавливают неподвижные направляющие контршины для направления движения тележек при опрокидывании.

Конвейеры с неопрокидывающимися тележками (рис.4.54) имеют только прямолинейную горизонтальную трассу и две тяговые цепи, которые располагаются с двух сторон по ширине тележки вне ее габаритов. Каждая тележка имеет две оси: ведущая ось прикреплена шарнирно к тяговым цепям, ведомая ось остается свободной.

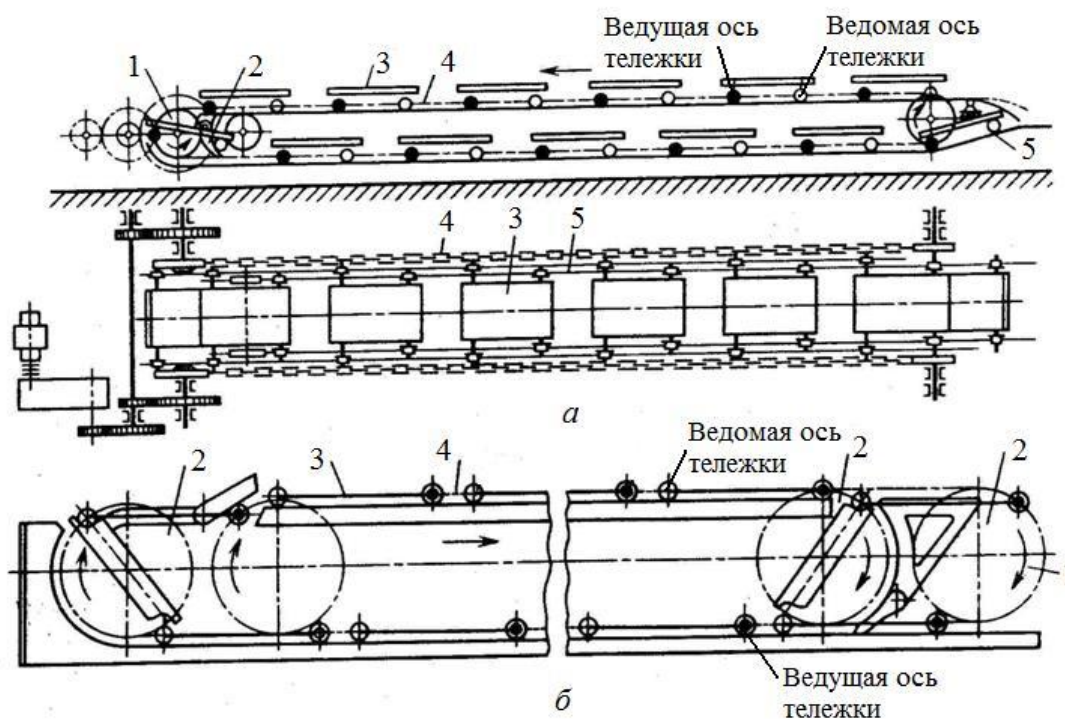


Рис. 4.54. Схема вертикально замкнутого тележечного конвейера с неопрокидывающимися тележками, перемещающимися с ветви на ветвь:
а – наклонно; *б* – плоскопараллельно; 1 – привод; 2 – устройство для передачи тележек с ветви на ветвь; 3 – тележка; 4 – цепь; 5 – путь

Приводные и натяжные звездочки устанавливают на консольных осях для обеспечения свободного прохождения тележек между цепями.

На поворотных участках тележки перемещаются с небольшим наклоном в сторону или совершают плоскопараллельное движение, оставаясь в горизонтальном положении на всем протяжении поворота – это обеспечивается

установкой на поворотных участках системы специальных механизмов и направляющих путей.

Тяговым элементом конвейеров являются цепи: пластинчатые, втулочные и роликовые с шагом 80–320 мм; разборные с шагом 100–160 мм; пластинчатые комбинированные; при малых нагрузках – пластинчатые безвтулочные.

На опорном устройстве тележечных грузонесущих конвейеров должны быть установлены крепления, фиксаторы, зажимы, приспособления для наклона, поворота или подъема изделия, необходимые в процессе сборки. Центр тяжести изделия во время транспортирования должен находиться внутри опорного контура тележки на всех позициях сборки.

Катки тележки устанавливаются на подшипниках качения. Привод – угловой редукторного типа, на конвейерах с опрокидывающимися тележками устанавливают конечные выключатели, заблокированные с электродвигателем. Натяжное устройство – винтовое или пружинно-винтовое, ход НУ составляет 400–500 мм.

Преимуществом тележечных грузонесущих конвейеров является перемещение грузов, как на верхней, так и на нижней ветвях.

4.4.3 Грузоведущие и шагающие (шаговые) конвейеры

Грузоведущим называется конвейер для перемещения штучных грузов, которые располагаются на тележках, движущихся на собственном колесном ходу, по полу или по направляющим путям, скольжением по настилу, качением по стационарным неприводным роликам, во время движения тележка соединена с тяговым элементом с помощью толкателя [2].

Тяговым элементом этой группы конвейеров является одна, реже две цепи, канат, комбинация цепи с одной-двумя жесткими штангами, жесткие одна или две штанги.

По расположению трассы грузоведущие тележечные конвейеры выполняются с вертикально замкнутой, горизонтально замкнутой или пространственной трассами.

Грузоведущие тележечные конвейеры имеют напольное, подпольное или подвесное расположение тяговой цепи.

Штанговыми называют конвейеры с тяговым элементом в виде жесткой балки-штанги или сочетания штанги с цепью (канатом, тягой).

Грузоведущие и шагающие конвейеры используются на сборочных, отделочных, ремонтных, распределительных и других транспортно-технологических линиях. Скорость конвейеров определяется ритмом технологических операций и шагом рабочих мест.

К преимуществам этой группы конвейеров относятся: простота конструкции; невысокая стоимость; малые габариты; широкие возможности автоматизации. Конвейеры с пространственной трассой и автоматическим адре-

сованием тележек обеспечивают бесперегрузочное транспортирование по сложной трассе на разных этажах здания.

Грузоведущие тележечные конвейеры легко взаимодействуют со средствами напольного периодического транспортирования (авто- и электротележки, автопогрузчики, краны-штабелеры и др.).

Недостатками грузоведущих и шагающих конвейеров являются: сложность обслуживания при подпольном расположении тяговой цепи, путей и оборудования; необходимость возврата пустых тележек у вертикально замкнутых конвейеров.

4.4.3.1 Грузоведущие вертикально замкнутые конвейеры

На грузоведущих вертикально замкнутых конвейерах (рис. 4.55) транспортируемый груз перемещается своим ходом или на тележке по специальным путям, уложенным на полу вне металлоконструкции конвейера.

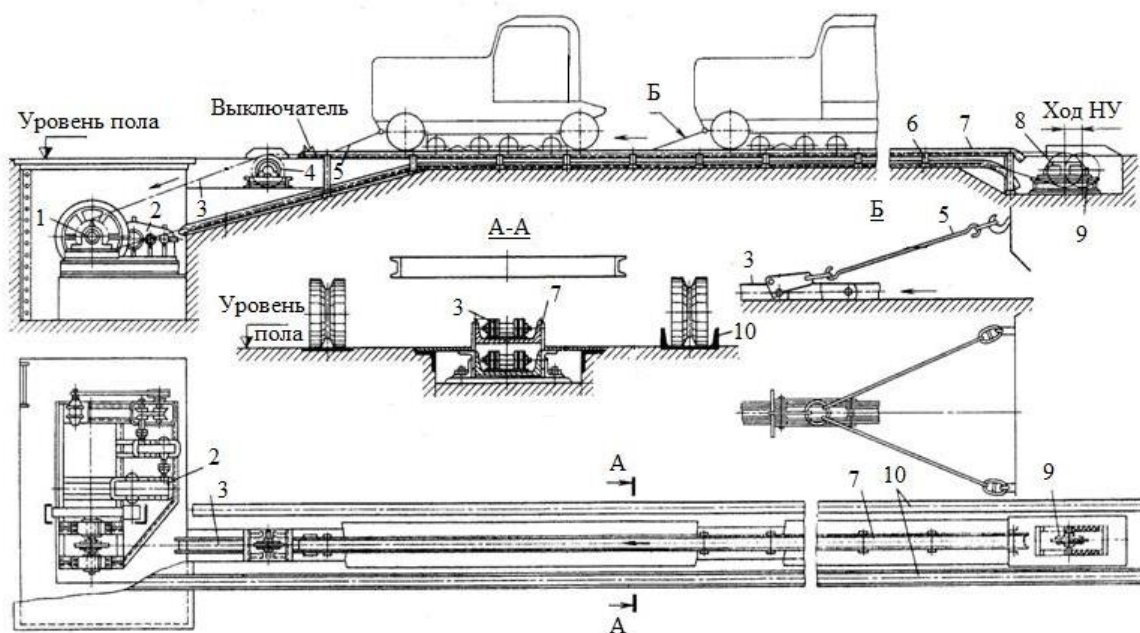


Рис. 4.55. Вертикально замкнутый безтележечный грузоведущий конвейер с захватом за цепь конвейера для сборочной линии:

- 1 – приводная звездочка; 2 – привод; 3 – тяговая цепь; 4 – поворотное устройство; 5 – тяги; 6 – опорная металлоконструкция; 7 – направляющие пути; 8 – натяжная звездочка; 9 – натяжное устройство; 10 – специальные напольные пути

При перемещении на собственном ходу груз соединяется с тяговой цепью крючками или тягами, которые отсоединяются в конце трассы вручную или автоматически.

При перемещении груза на тележках (рис. 4.56) при скольжении по настилу или качении по роликам (рис. 4.57) на тяговой цепи устанавливают толкатели (рис. 4.58), которые упираются в захваты тележек или в упоры гру-

зов и перемещают их по путям. Захват имеет односторонне шарнирное крепление к раме тележки с упором в сторону движения.

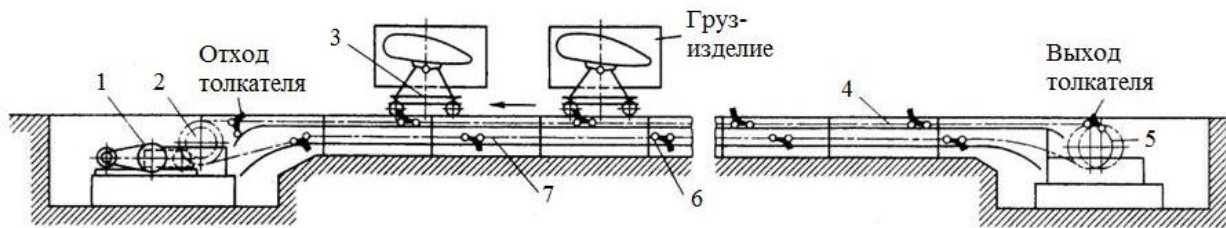


Рис. 4.56. Схема вертикально замкнутого грузоведущего тележечного конвейера с горизонтальной трассой движения тележек:

- 1 – привод; 2 – приводная звездочка; 3 – тележка; 4 – тяговая цепь; 5 – НУ;
6 – опорная металлоконструкция; 7 – направляющие пути

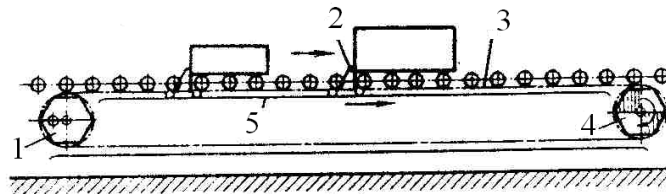


Рис. 4.57. Вертикально замкнутый грузоведущий конвейер для перемещения грузов по стационарным роликам:

- 1 – натяжная звездочка; 2 – толкатель; 3 – тяговая цепь; 4 – приводная звездочка;
5 – направляющий путь

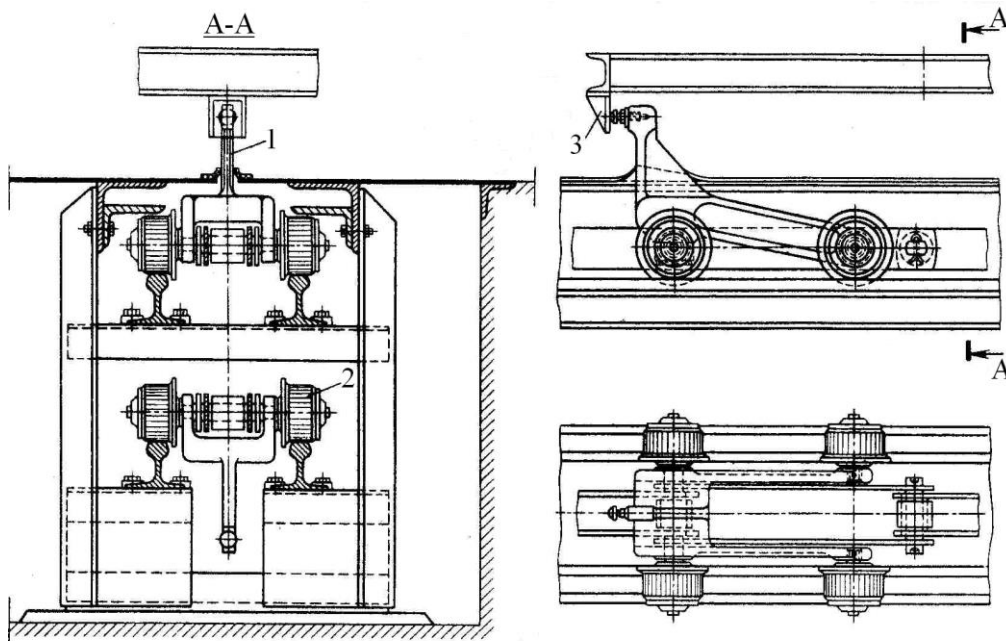


Рис. 4.58. Ходовая часть грузоведущего тележечного конвейера:
1 – толкатели; 2 – ходовые катки; 3 – захваты

Тяговым элементом грузоведущих вертикально замкнутых конвейеров является одна пластинчатая безвтулочная или втулочная цепь с шагом 80–200 мм, иногда стальной канат диаметром 15–22 мм.

К звеньям цепи на расстоянии шага транспортируемых грузов прикрепляют жестко или шарнирно ведущие толкатели, на тяговом канате прикрепляют крюки-захваты, за которые зацепляются тяги для ведения груза. Направляющими путями служат швеллеры, уголки или узкоколейные рельсы.

Привод конвейеров – угловой редукторного типа, для канатных конвейеров приводом служит барабанная лебедка реверсивного действия. Натяжное устройство – винтовое или пружинно-винтовое и грузовое – для канатных конвейеров. Основными параметрами грузоведущих вертикально замкнутых конвейеров являются: общая длина трассы до 300 м; скорость транспортирования при непрерывном движении 0,1–6 м/мин, при пульсирующем 6–12 м/мин.

4.4.3.2 Штанговые конвейеры

Грузоведущий штанговый конвейер состоит из одного или двух вертикально замкнутых комбинированных тяговых элементов с толкателями, привода и натяжного устройства. Тяговый элемент движется возвратно-поступательно и перемещает груз с одной позиции на другую на своем ходу или на одной или двух опорных тележках [2].

Комбинированный цепештанговый элемент на рабочей ветви состоит из нескольких соединенных между собой балок – штанг с закрепленными на их концах отрезками цепи или каната. Длина отрезков цепи на 2–3 м превышает длину рабочего хода конвейера. На обратной ветви тяговым элементом является тяга из круглого стального прута или стального каната диаметром 6–8 мм. Штанги имеют опорные катки и ведущие толкатели, с помощью которых груз перемещается на колесах или тележках по рельсовым путям.

При включении электродвигателя отрезки цепи со штангами приводятся в движение, толкатели передвигают грузы вперед на один шаг, при воздействии автоматического переключателя изменяется направление вращения электродвигателя, и штанги без грузов возвращаются в исходное положение.

Штанговые конвейеры выполняют одноштанговыми с одним рядом штанг и двухштанговыми (рис. 4.59) с двумя независимыми друг от друга параллельными рядами штанг.

Штанговые конвейеры применяют на линиях сборки или ремонта тяжелых и громоздких изделий (железнодорожных вагонов, платформ, самолетов и др.). Скорость движения штанг составляет 6–15 м/мин; длина конвейера 50–300 м; расстояние между штангами двухштанговых конвейеров 3–8 м; рабочий ход штанги 5–30 м.

Штанга конвейера состоит из отдельных отрезков двутавра, сдвоенных швеллеров или призматических стержней и представляет собой жесткую бал-

ку, к штанге крепятся опорные катки и толкатели. Штанга с помощью катков движется по направляющим путям, а толкателями перемещает грузы.

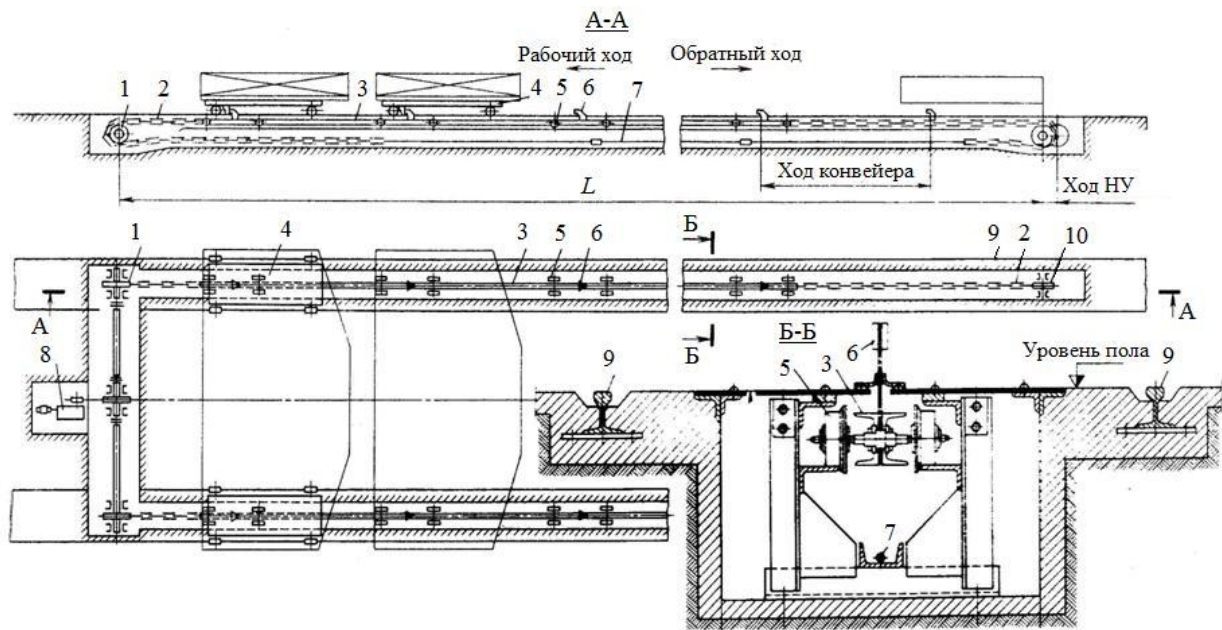


Рис. 4.59. Схема грузоведущего двухштангового конвейера:

1 – приводная звездочка; 2 – цепь (канат); 3 – штанга; 4 – тележка; 5 – опорные катки; 6 – ведущие толкатели; 7 – тяга; 8 – привод; 9 – рельсовый путь; 10 – натяжная звездочка

Толкатели закрепляются жестко или шарнирно с упором в сторону рабочего движения на расстоянии, соответствующем шагу рабочих позиций на конвейере. В качестве гибкого тягового элемента используется цепь любого типа или канат, привод и НУ обычного типа.

4.4.3.3 Шагающие конвейеры

Шагающий конвейер (рис. 4.60) состоит из подвижной рамы, расположенной внутри неподвижной рамы с направляющими роликами, нескольких подъемников с опорными катками и привода [2].

Перемещение грузов на шагающем конвейере происходит с помощью возвратно-поступательных горизонтальных и вертикальных (шагающих) движений подвижной рамы, на которую укладываются штучные грузы.

Шагающий конвейер используется для периодического перемещения грузов по отдельным операциям технологического процесса в механических, сборочных, термических и др. цехах. Цикл работы шагающего конвейера осуществляется автоматически за четыре последовательных хода подвижной рамы: подъем, рабочий ход (ход вперед), опускание и обратный ход.

Цикл работы шагающего конвейера состоит из следующих операций:

транспортируемый груз устанавливается на первую позицию неподвижной рамы, при этом подвижная рама находится в опущенном положении;

для передачи груза в следующую рабочую позицию подвижная рама поднимается подъемниками выше уровня неподвижной рамы и подхватывает груз;

затем подвижная рама перемещается вперед на один шаг (на расстояние между рабочими позициями); подвижная рама опускается и устанавливает груз на неподвижную раму и возвращается в исходное положение.

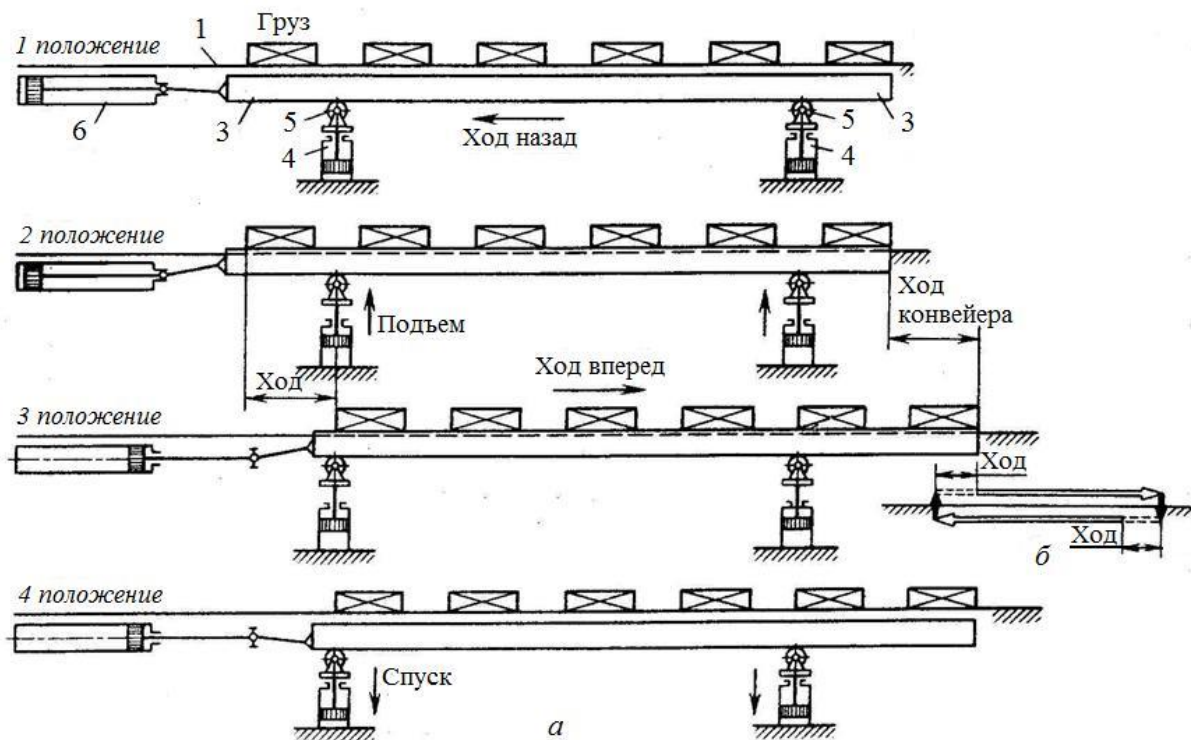


Рис. 4.60. Схема шагающего конвейера:

а – схемы положений рамы конвейера за один цикл перемещения груза;

б – схема перемещения рамы конвейера;

1 – неподвижная рама; 2 – направляющие ролики; 3 – подвижная рама;

4 – подъемники; 5 – опорные катки; 6 – привод

Преимуществами шагающих конвейеров являются легкая доступность к грузу и стабильность его положения на неподвижной раме; простота конструкции (из-за малого количества вращающихся и трущихся пар). К недостаткам относятся: ограниченность (прямолинейность) конфигурации трассы; невозможность непрерывного движения; необходимость устройства прямых для рамы, подъемников и привода, если перемещение происходит на уровне пола; постоянно повторяющиеся динамические нагрузки привода и несущих конструкций из-за частых пусков, остановок и торможений.

Основными параметрами конвейеров являются: длина трассы транспортирования 3–150 м; общая грузоподъемность 4–900 т; масса транспортируемого груза 0,1–15 т; число рабочих позиций 4–70; скорость перемещения рамы 1–25 м/мин; ширина конвейера на неподвижной раме 0,4–3,5 м; ритм операций 20–120 мин.

Рамы конвейеров представляют собой прочные и жесткие металлоконструкции из стальных прокатных профилей, их собирают из отдельных секций длиной 3–6 м. Направление движения подвижной рамы строго фиксируется горизонтальными и вертикальными направляющими роликами.

Привод шагающих конвейеров – электромеханический, пневматический, гидравлический с обязательной установкой тормоза. Подъемники выполняются пневматическими, эксцентриковыми или гидравлическими.

Контрольные вопросы

1. Назначение, области применения и классификация подвесных конвейеров.
2. Общее устройство и основные элементы подвесного конвейера.
3. Какие цепи применяют в горизонтальных и пространственных подвесных конвейерах?
4. Назначение, устройство и разновидности кареток.
5. Поворотные устройства подвесных конвейеров.
6. Натяжные устройства подвесных конвейеров.
7. Места расположения приводов и натяжных устройств подвесных конвейеров.
8. Устройство и конструктивные особенности подвесных толкающих конвейеров.
9. Конструктивные особенности подвесных несуще-толкающих конвейеров.
10. Конструктивные особенности подвесных грузоведущих конвейеров.
11. Конструктивные особенности подвесных несуще-ведущих конвейеров.
12. Устройство, основные элементы и конструктивные особенности тележечных грузонесущих конвейеров.
13. Устройство, основные элементы и конструктивные особенности грузоведущих вертикально замкнутых конвейеров.
14. Устройство и конструктивные особенности штанговых конвейеров.
15. Устройство, преимущества и недостатки и конструктивные особенности шагающих (шаговых) конвейеров.

ЛЕКЦИЯ 5. ЭЛЕВАТОРЫ

План лекции

- 5.1 Ковшовые элеваторы
 - 5.1.1 Устройство, назначение, особенности конструкции
 - 5.1.2 Способы загрузки и разгрузки
 - 5.1.3 Выбор грузонесущих и тяговых элементов
 - 5.1.4 Особенности расчета ковшового элеватора
- 5.2 Люлечные и полочные элеваторы
 - 5.2.1 Назначение и устройство, особенности конструкции
 - 5.2.2 Способы загрузки и разгрузки
 - 5.2.3 Особенности расчета люлечных и полочных элеваторов

Контрольные вопросы

Элеваторы являются подъемниками вертикального действия и служат для вертикального и крутонаклонного (под углом 60–82°) перемещения насыпных и штучных грузов без промежуточной загрузки и разгрузки. Применение элеваторов в качестве междуэтажного транспортного средства даёт возможность иметь компактные транспортные схемы, занимающие малые площади.

В качестве тягового элемента элеваторов используются резинотканевые или резинотросовые конвейерные ленты и цепи пластинчатые, втулочные, роликовые и катковые с шагом 100–630 мм или сварные круглозвенные с термообработкой звеньев.

По типу грузонесущего элемента элеваторы классифицируют на ковшовые (для перемещения сыпучих грузов), полочные и люлечные (для перемещения штучных грузов).

5.1 Ковшовые элеваторы

Применяются на предприятиях химической, металлургической, машиностроительной промышленности, в производстве строительных материалов, на углеобогатительных фабриках, на пищевых комбинатах, в зернохранилищах. Ковшовые элеваторы выполняются стационарными и передвижными (на погрузочных машинах); используются как транспортные и технологические машины [1, 2].

Преимуществами ковшовых элеваторов являются: малые габаритные размеры в плане; большая высота подачи груза (60–75 м); большой диапазон производительности (5–500 м³/час); широкий ассортимент транспортируемых грузов. К недостаткам ковшовых элеваторов относятся: возможность отрыва ковшей при перегрузках; необходимость равномерной подачи груза.

Основными параметрами ковшовых элеваторов являются: производительность Q ; ширина ковша 100–1000 мм; шаг ковшей 160–800 мм; скорость 0,4–2,5 м/с; высота подъема; мощность приводного двигателя P (кВт).

5.1.1 Устройство, назначение, особенности конструкции

Ковшовые элеваторы классифицируют по типу тягового элемента на ленточные и цепные; по направлению перемещения ковшей – на вертикальные и наклонные со свободно свисающей или поддерживаемой обратной ветвью (рис. 5.1).

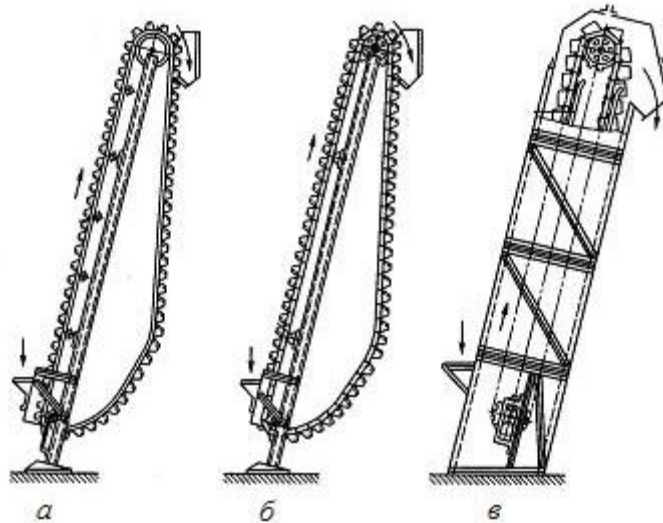


Рис. 5.1. Схема круто наклонного элеватора:
а – ленточного; *б* – цепного со свободно свисающей обратной ветвью;
в – двухцепного с поддерживаемой обратной ветвью

Ковшовые элеваторы имеют вертикально замкнутый тяговый элемент (ленту, цепь) с жёстко прикреплёнными к нему грузонесущими элементами (ковшами), тяговый элемент огибает верхний приводной и нижний натяжной барабаны (или звёздочки) (рис. 5.2).

Привод элеватора – редукторный, размещается в верхней части элеватора, при малой мощности применяют мотор-редукторы, привод снабжён остановом для предохранения от обратного движения ходовой части.

Натяжное устройство – винтовое, пружинно-винтовое или грузовое в зависимости от типа тягового элемента, привода и высоты. НУ располагается на валу нижнего барабана (звёздочки), ход натяжного устройства составляет 200–500 мм. Ходовая часть и поворотные устройства элеватора помещаются в закрытом металлическом кожухе, который является силовым каркасом, воспринимающим статические и динамические нагрузки. Кожух состоит из верхней части (разгрузочный патрубок или головка элеватора), средних секций и нижней части (загрузочный носок). В боковых стенках кожуха распола-

гаются люки с герметичными дверцами для обслуживания и ремонта. Секции кожуха соединяют между собой болтами, высота секций составляет 2–2,5 м.

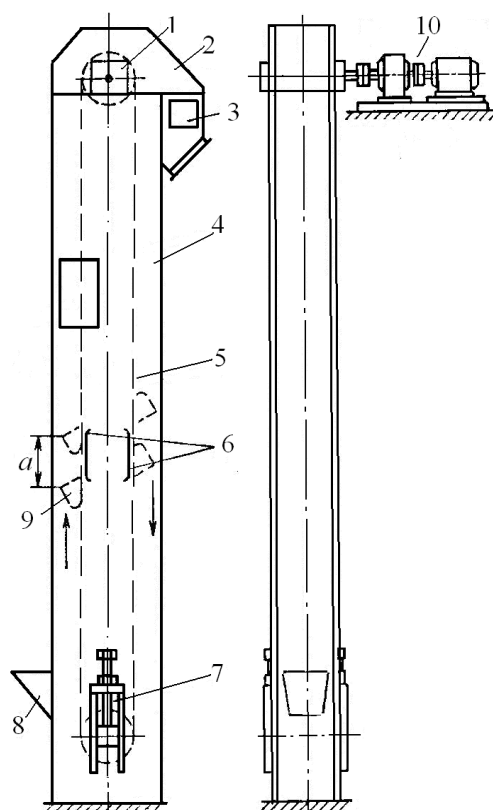


Рис. 5.2. Схема ковшового элеватора:

- 1 – приводной барабан; 2 – разгрузочный патрубок; 3 – смотровые люки; 4 – кожух;
 5 – тяговый элемент; 6 – направляющие шины; 7 – натяжное устройство;
 8 – загрузочный башмак; 9 – ковши; 10 – привод

Насыпной груз подаётся в загрузочный патрубок (носок) нижней части элеватора, загружается в ковши, поднимается в них и разгружается на верхнем барабане (звёздочке) в патрубок верхней части элеватора. Нижняя часть кожуха может быть с высоким и низким расположением загрузочного носка: высокий носок с днищем под углом 60° применяют при транспортировании влажных плохо сыпучих грузов, низкий носок (с днищем под углом 45°) – для сухих хорошо сыпучих грузов.

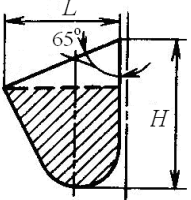
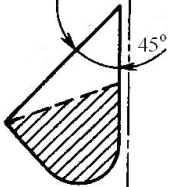
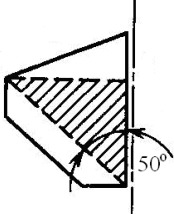
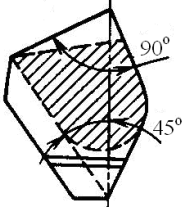
Выбор способа расположения ковшей их крепления на тяговом элементе зависит от характеристики груза и способа загрузки и разгрузки. По скорости движения ковшей элеваторы бывают быстроходные и тихоходные; по расположению ковшей: с сомкнутыми ковшами (для транспортирования крупнокусковых и абразивных грузов) и расставленными ковшами (для перемещения мелкофракционных грузов). Конструкция ковша (табл. 5.1) зависит от свойств транспортируемого груза и способов загрузки и разгрузки.

Применяются четыре типа ковшей вертикальных элеваторов: глубокие и мелкие со скругленным (цилиндрическим) днищем и ковши с бортовыми

направляющими с остроугольным и скругленным днищем. Основные параметры ковша: ширина B ; вылет L ; высота H ; объем v_0 .

Таблица 5.1

Типы ковшей ковшовых элеваторов

Конструктивное исполнение ковша	Тип ковша
	Глубокий с цилиндрическим днищем
	Мелкий с цилиндрическим днищем
	Остроугольный с бортовыми направляющими
	С бортовыми направляющими и скругленным днищем

Глубокие и мелкие ковши применяют только на элеваторах с расставленными ковшами для перемещения сухих легкосыпучих пылевидных, зернистых и мелкокусковых грузов (зерно, песок, земля, мелкий уголь). Мелкие ковши перемещают влажные и слеживающиеся плохосыпучие пылевидные, зернистые и мелкокусковые грузы (угольная пыль, мел, мокрая зола).

Ковши с бортовыми направляющими и остроугольным днищем применяют на тихоходных цепных элеваторах для перемещения пылевидных, зернистых и мелкокусковых грузов. Ковши с бортовыми направляющими имеют только сомкнутое расположение.

Глубокие и мелкие ковши изготавливают из листовой стали толщиной 1–6 мм сваркой или штамповкой; из чугуна, пластмассы или резины, для предохранения от преждевременного износа переднюю стенку ковша укрепляют накладками из твердой стали. Ковши крепят к ленте болтами с применением резиновых прокладок (рис. 5.3); к цепям крепят с помощью уголков или фасонных звеньев на болтах или заклепках.

При ширине ковшей до 320 мм используют одну цепь с центральным креплением к задней стенке ковша, при ширине ковшей 320 мм и выше – две цепи.

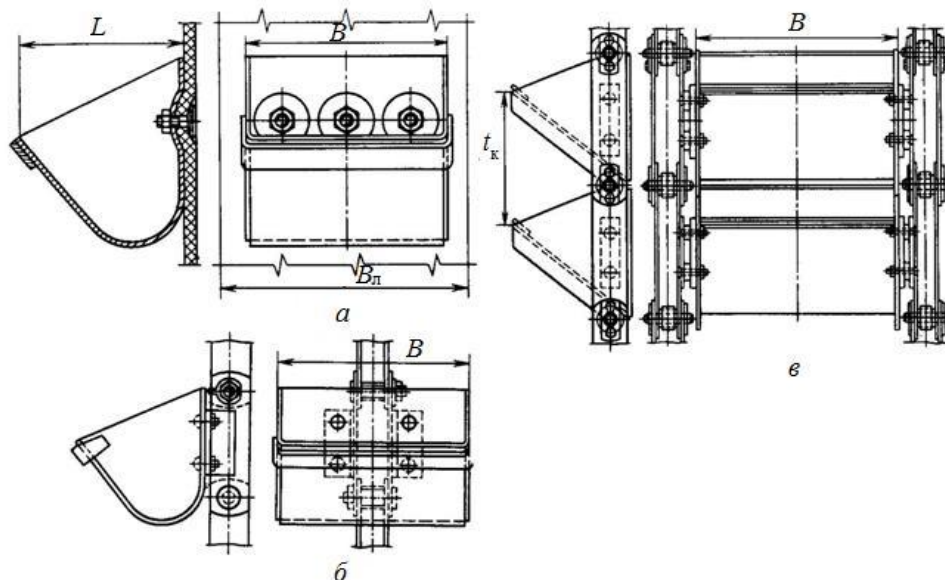


Рис.5.3. Схемы крепления ковшей:
а – к ленте; *б* – к одной цепи; *в* – к двум цепям

5.1.2 Способы загрузки и разгрузки

Ковшовые элеваторы классифицируют по способу наполнения и разгрузки ковшей, типу ковшей и их расположению на тяговом элементе. От особенностей процессов наполнения ковшей зависят их форма, расположение на тяговом органе и скорость движения [1, 2].

Загрузка ковшей производится зачерпыванием груза из нижней части кожуха или засыпанием груза в ковши, разгрузка в зависимости от скорости элеватора бывает центробежной, свободной и самотечной направленной (рис. 5.4). Наполнение ковшей зачерпыванием характерно для высокоскоростных ленточных и цепных элеваторов с расставленными ковшами и применяется для мелко- и среднекусковых малоабразивных материалов, при зачерпывании которых при повышенной скорости не возникает значительных сопротивлений.

Непосредственное засыпание в ковши применяется для крупнокусковых абразивных грузов из-за возможности отрыва ковшей и больших сопротивлений движению. Непосредственная загрузка из загрузочного носка в ковши характерна для среднескоростных и тихоходных элеваторов с сомкнутым расположением ковшей.

Центробежная разгрузка характерна для быстроходных элеваторов (1–5 м/с) с расставленными ковшами для транспортирования легкосыпучих грузов. Свободная самотечная (гравитационная) разгрузка применяется для плохо

сыпучих или влажных грузов у тихоходных элеваторов при скорости движения ковшей 0,4–0,8 м/с. Свободная направленная (смешанная) разгрузка используется для наклонных и вертикальных тихоходных элеваторов (ленточных и цепных) с сомкнутыми ковшами для транспортирования кусковых, абразивных или хрупких грузов.

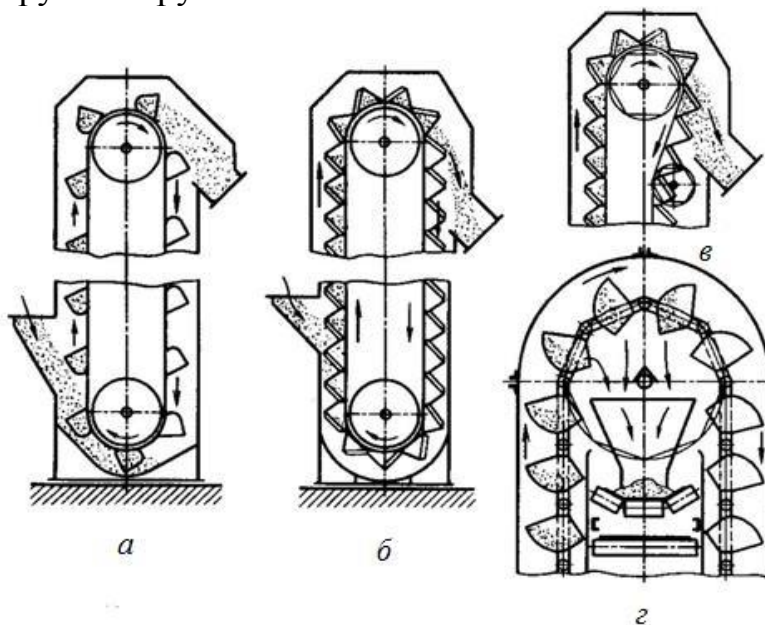


Рис. 5.4. Схемы загрузки и разгрузки ковшевых элеваторов:
а – загрузка зачерпыванием, разгрузка под действием центробежной силы;
б – загрузка засыпанием в ковши, разгрузка самотечная направленная;
в – самотечная свободная разгрузка; *г* – центральная разгрузка

Определение полюсного расстояния. На насыпной груз, находящийся в ковше, при перемещении вокруг приводного барабана (звездочки) действуют сила тяжести G и центробежная сила F (рис. 5.5), а также реакции стенок ковша.

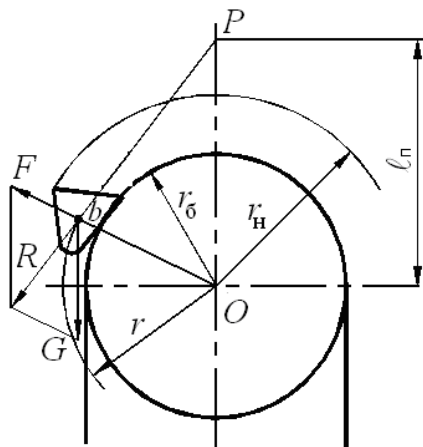


Рис. 5.5. Схема для определения полюсного расстояния ковшевого элеватора

На восходящей ветви элеватора ковш движется прямолинейно и равномерно, груз в ковше находится под действием силы тяжести G , при повороте ковша вокруг оси барабана начинает действовать центробежная сила F . Равнодействующая R сил G и F при вращении ковша изменяется по величине и направлению и пересекается с вертикалью, проведенной через центр барабана O , в точке P – эта точка называется полюсом разгрузки, а расстояние $\ell_{\text{п}}$ от нее до точки O – полюсным расстоянием.

Полюсное расстояние определяется по формуле

$$\ell_{\text{п}} = \frac{Gr}{F}, \quad (5.1)$$

где r – расстояние от центра массы насыпного груза до центра барабана, м.

При $G = mg$

$$F = \frac{mv^2}{r}, \quad (5.2)$$

где m – масса насыпного груза;

g – ускорение свободного падения;

v – окружная скорость точки b ($v = \omega r$).

Для определения полюсного расстояния также используют формулу

$$\ell_{\text{п}} = 895 / n^2, \quad (5.3)$$

где n – число оборотов барабана (звездочки), мин^{-1} .

При равномерном вращении полюсное расстояние $\ell_{\text{п}}$ – величина постоянная при любом положении ковша, она зависит только от частоты вращения барабана.

С увеличением частоты вращения барабана полюсное расстояние уменьшается, центробежная сила возрастает и становится больше силы тяжести. При $\ell_{\text{п}} \leq r_{\text{б}}$ (когда полюс находится внутри окружности барабана) (рис. 5.6, в) происходит центробежная разгрузка.

При уменьшении частоты вращения барабана полюсное расстояние увеличивается. При $\ell_{\text{п}} > r_{\text{б}}$ (когда полюс находится вне окружности) сила тяжести больше центробежной силы, происходит самотечная (гравитационная) разгрузка ковшей (рис. 5.6, а).

При $r_{\text{б}} < \ell_{\text{п}} \leq r_{\text{н}}$ происходит смешанная (центробежная и гравитационная) разгрузка ковшей (рис. 5.6, б).

У тихоходных элеваторов полюсное расстояние $\ell_{\text{п}}$ больше радиуса $r_{\text{н}}$ наружных кромок ковшей, у быстроходных – меньше радиуса $r_{\text{б}}$ барабана.

Характер разгрузки ковшей определяется не абсолютным значением скорости их движения, а соотношением между этой скоростью и диаметром

барабана, т. е. соотношением между полюсным расстоянием и радиусом барабана

$$B = \ell_{\Pi} / r_{\delta}. \quad (5.4)$$

При небольшой скорости и малом диаметре барабана можно обеспечить центробежную разгрузку ковшей, и наоборот, при большой скорости и увеличенном диаметре барабана разгрузка будет самотечной.

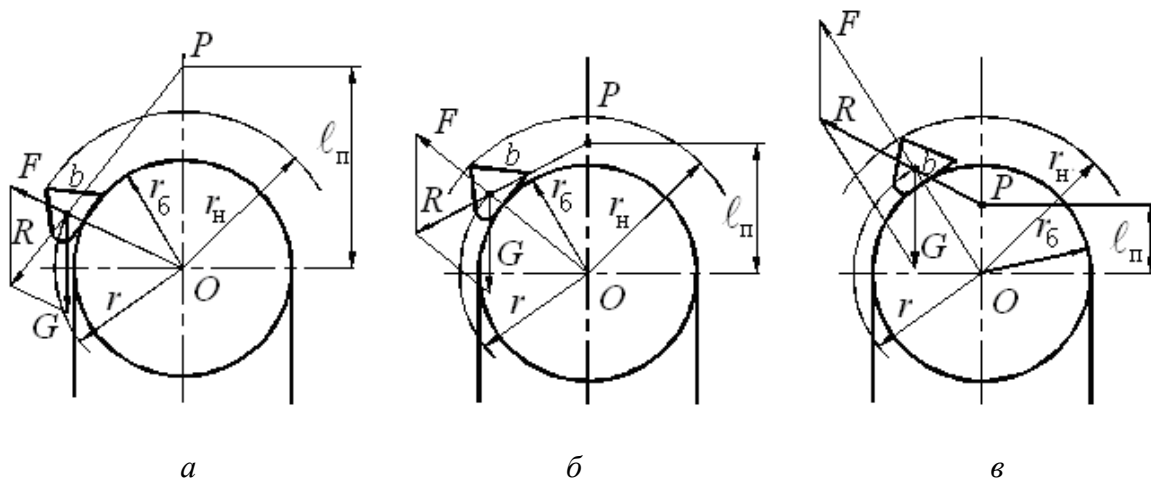


Рис. 5.6. Схема сил, действующих при самотечной (а), смешанной (б), центробежной (в) разгрузках

Для высокоскоростного элеватора с центробежной разгрузкой

$$B \leq 1; \quad D_{\delta} = 2Bv^2 / g \leq 0,204v^2. \quad (5.5)$$

Для быстроходного элеватора с центробежной и самотечной (смешанной) разгрузкой

$$B = 1-4; \quad D_{\delta} = (0,205-0,286) v^2. \quad (5.6)$$

Для среднескоростного элеватора с центробежной и самотечной (смешанной) разгрузкой

$$B = 1,5-3; \quad D_{\delta} = (0,306-0,126) v^2. \quad (5.7)$$

Для тихоходного элеватора с самотечной разгрузкой

$$B > 3; \quad D_{\delta} \geq 0,6 v^2. \quad (5.8)$$

Геометрия движения потока груза на разгрузке позволяет конструктивно определить контуры головки кожуха и шаг ковшей на тяговом органе для

обеспечения равномерного потока разгружаемого груза без ударов частиц о стенки кожуха, крошения и пыления.

Нории – специальные ковшовые элеваторы для вертикального транспортирования зерна и муки на мукомольных и комбикормовых предприятиях и зернохранилищах, которые имеют специфические конструктивные особенности, их основные параметры обусловлены ГОСТ 10190-70.

5.1.3 Особенности расчета ковшового элеватора

Производительность ковшового элеватора

$$Q = 3,6 v_0 v \psi \rho / t_k \quad (5.9)$$

где v_0 – объем ковша, л;

t_k – шаг ковшей, м.

Для глубоких и мелких расставленных ковшей $t_k = (2,5-3,0) h$, для сомкнутых ковшей с бортовыми направляющими $t_k \approx h$, h – высота ковша, м.

Тип элеватора и форму ковшей выбирают по каталогу в зависимости от транспортируемого груза. Выбранные ковши проверяют по условию кусковатости

$$A \geq x a_{\max}, \quad (5.10)$$

где A – высота ковша;

x – коэффициент, зависящий от типа груза: для рядовых грузов $x = 2-2,5$; для сортированных $x = 4-4,5$.

Тяговый расчет. Схема для проведения тягового расчета представлена на рис. 5.7. Тяговое усилие в набегающей на приводной барабан (звездочку) ветви

$$S_{\text{нб}} = S_{\text{н}} + (q_0 + q_{\Gamma}) H. \quad (5.11)$$

Усилие в сбегающей с нижнего барабана (звездочки) ветви

$$S_{\text{н}} = S_{\text{мин}} + \Sigma W. \quad (5.12)$$

В ленточном элеваторе $S_{\text{max}} = S_{\text{нб}}$. В цепном элеваторе с учетом динамических нагрузок

$$S_{\text{max}} = S_{\text{нб}} + S_{\text{дин}} = S_{\text{н}} (q_0 + q_{\Gamma}) H + S_{\text{дин}}. \quad (5.13)$$

Для двухцепного элеватора усилие в одной цепи

$$S_{\max} = 1,15 (S_{\text{нб}} + S_{\text{дин}}) / 2. \quad (5.14)$$

Минимальное натяжение цепи (ленты) предварительно принимают $S_{\min} = 5\text{--}20 \text{ кН}$.

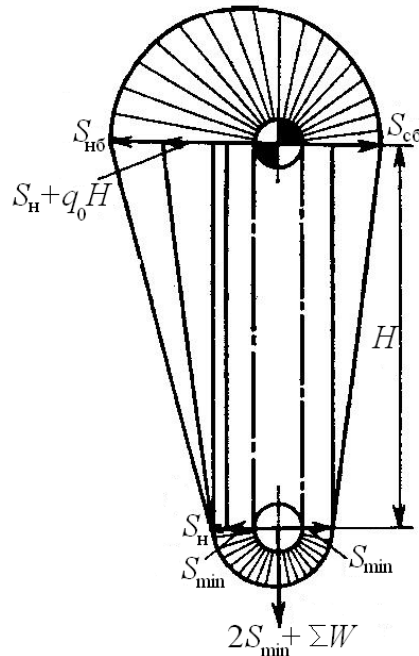


Рис. 5.7. Схема для выполнения тягового расчета вертикального ковшового элеватора

Динамическое усилие в цепи элеваторов

$$S_{\text{дин}} = 3 S v^2 / z_2 t_{\text{ц}} g, \quad (5.15)$$

где S – нагрузка от неравномерно движущейся ходовой части и груза, Н;

$$S = (2q_0 + q_{\Gamma}) H, \quad (5.16)$$

где z – число зубьев звездочки, шт;

$t_{\text{ц}}$ – шаг цепи, м.

Сопротивление движению ходовой части

$$\Sigma W = W_{\text{н}} + W_{\text{зач}}. \quad (5.17)$$

Сопротивление на нижнем барабане (звездочке)

$$\Sigma W_{\text{н}} = S_{\min} \omega', \quad (5.18)$$

где ω' – коэффициент сопротивления движению.

Сопротивление зачерпыванию

$$W_{\text{зач}} = k_3 q_{\Gamma}, \quad (5.19)$$

где $k_3 = 1,25 \div 4,0$ – коэффициент зачерпывания в зависимости от характеристики груза.

Натяжение тягового элемента в точке сбегания

$$S_{\text{сб}} = S_{\text{min}} + q_0 H. \quad (5.20)$$

Тяговое усилие на приводном валу

$$P = (S_{\text{max}} - S_{\text{сб}}) (1 + \omega'). \quad (5.21)$$

По тяговому усилию определяется мощность электродвигателя и выбирается электродвигатель по каталогу.

По рассчитанной мощности привода выбирают редуктор и вычисляют фактическую скорость рабочего органа. По тормозному моменту выбирают тормоз.

Динамический расчет заключается в определении усилий при установившемся режиме и в период пуска.

5.2 Люлочные и полочные элеваторы

Люлочные (рис 5.8) и полочные (рис. 5.9) элеваторы предназначены для перемещения штучных грузов и выполняются вертикальными и наклонными [1].

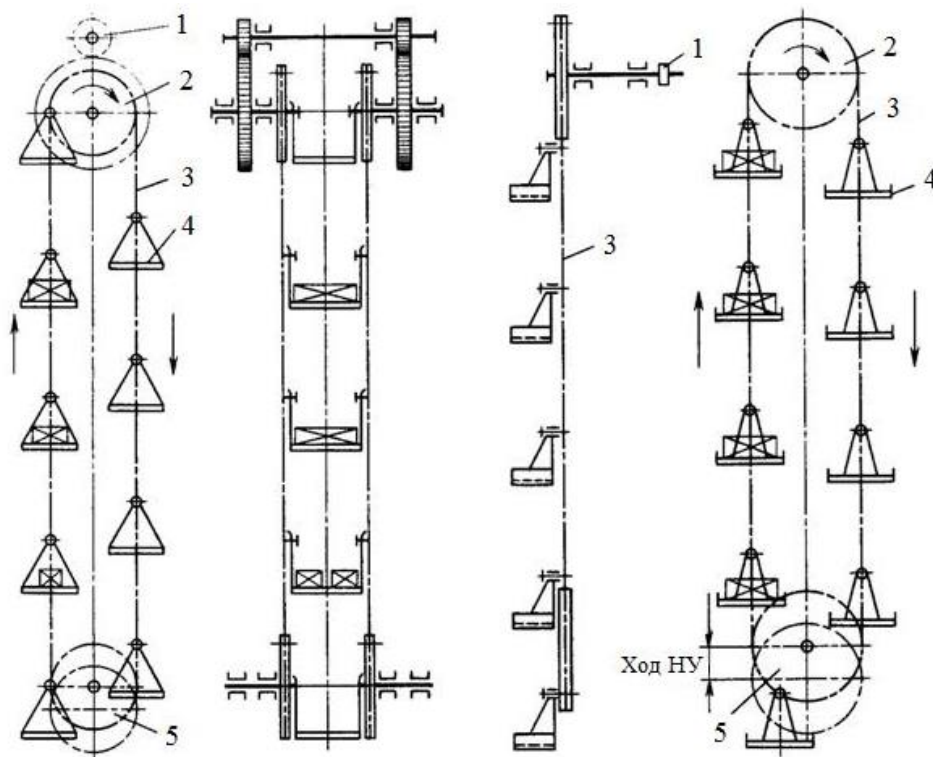


Рис. 5.8. Схема люлочного элеватора (одноцепного и двухцепного):
 1 – привод; 2 – приводные звездочки; 3 – тяговые цепи; 4 – люльки;
 5 – натяжные звездочки

Люлочные элеваторы выполняются двух- и одноцепными (с консольным расположением люлек).

Полочные элеваторы имеют жестко закрепленные консольные полки-захваты, которые выполняют в виде кронштейнов с изогнутой или плоской формой опорной поверхности. Загрузка и разгрузка полочных и люлочных элеваторов производится автоматически или вручную.

5.2.1 Назначение и устройство, особенности конструкции

Тяговым элементом люлочных элеваторов являются пластинчатые втулочные и катковые цепи, которые перемещаются со скоростью 0,2–0,3 м/с. Люльки закреплены шарнирно и выполняются двухпальцевыми (в двухцепных конвейерах) и однопальцевыми (в одноцепных конвейерах). Для устранения раскачивания люлек в поперечном направлении цепи снабжены ходовыми роликами и направляющими шинами.

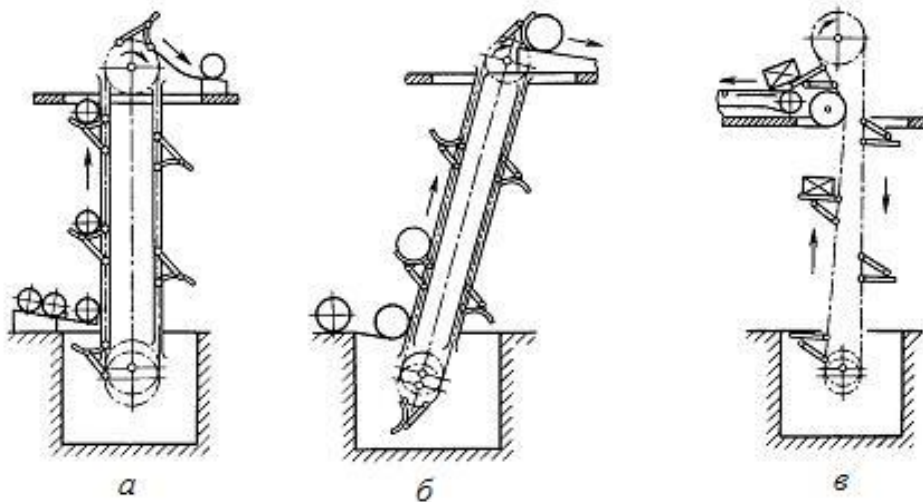


Рис. 5.9. Схемы полочных элеваторов:
а – вертикальный; *б* – наклонный;
в – вертикальный с отклонением захвата на рабочей ветви

Полочный элеватор состоит из двух вертикально замкнутых цепей (пластинчатых втулочных или катковых), огибающих верхние и нижние звездочки. К цепям жестко прикреплены консольные захваты-полки, форма которых зависит от геометрической формы перемещаемых грузов. Полочные элеваторы имеют скорости движения 0,2–0,3 м/с.

5.2.2 Способы загрузки и разгрузки

Загрузка люлечных элеваторов производится на восходящей ветви, разгрузка – в любом месте нисходящей ветви. Ручная загрузка производится непосредственно установкой грузов на движущиеся люльки и разгрузка обеспечивается направляющими, стабилизирующими положение люльки в зоне загрузки.

Для автоматической загрузки и разгрузки люлек применяются выдвижные и поворотные колосниковые и роликовые столы. Загрузка и разгрузка полочных элеваторов производится автоматически или вручную. Наиболее удобными для автоматизации загрузки и разгрузки являются грузы цилиндрической формы, т. к. их можно перекачивать по наклонному настилу или перегружать с колосникового стола на гребенчатую полку, а затем на стол.

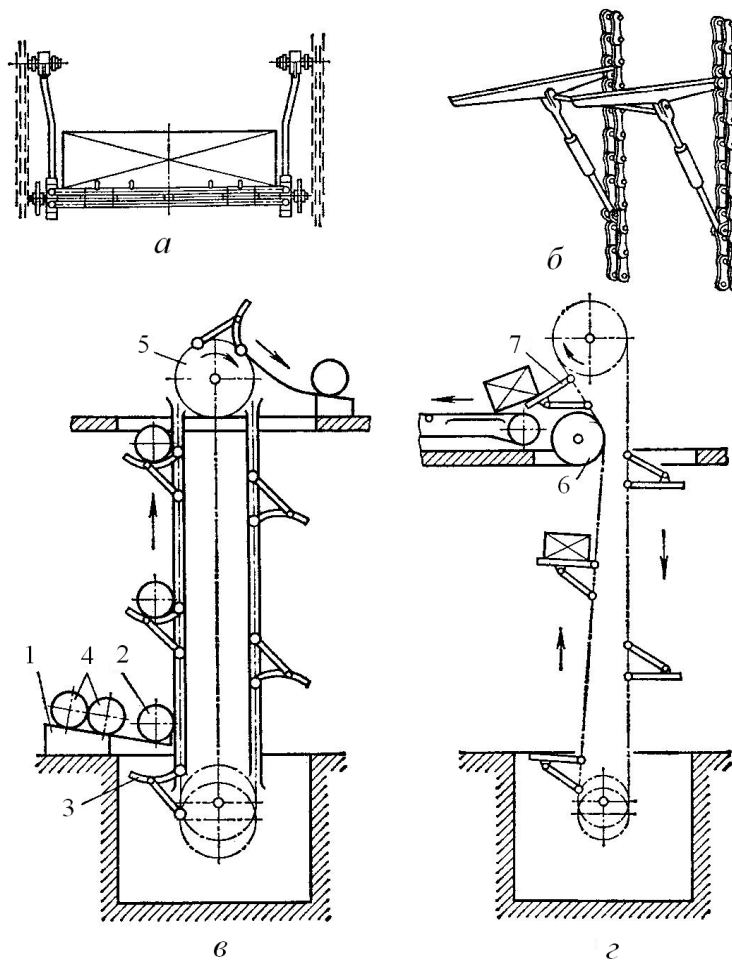


Рис. 5.10. Конструкция люльки (а) и полки (б);
схемы (в, г) загрузки и разгрузки полочных элеваторов:
1 – скаты; 2, 4 – бочки; 3 – захват; 5 – головная звездочка;
6 – отклоняющая звездочка; 7 – полка

Используется разгрузка на восходящей ветви (рис. 5.50, г) путем отклонения полки с помощью дополнительных отклоняющих звездочек.

Захваты-полки могут снабжаться специальным поворотным приспособлением, позволяющим разгружать груз в любом месте на восходящей ветви элеватора и управляемым с помощью упоров или направляющих шин, выдвигаемых в месте разгрузки. Поворотные части захватов после разгрузки возвращаются в исходное положение с помощью пружин или направляющих шин.

5.2.3 Особенности расчета люлечных и полочных элеваторов [1, 2]

Производительность

$$Z = 3600 v z_e / a, \quad (5.22)$$

где z_e – число штучных грузов на одном несущем элементе;
 a – шаг несущих элементов.

Мощность привода

$$P = k_3 P_B / \eta_0, \quad (5.23)$$

где $k_3 = 1,05$ – коэффициент запаса мощности;

P_B – мощность на валу приводного элемента;

η_0 – КПД передаточного механизма.

Тяговое усилие

$$W_0 = P_B / v. \quad (5.24)$$

Максимальное натяжение цепи

$$S_{\max} = W_0 + S_{\min} + W_{\text{н.в.}}, \quad (5.25)$$

где $W_{\text{н.в.}}$ – сила сопротивления нисходящей ветви.

$$W_{\text{н.в.}} = q_0 H (\sin\beta - \omega \cos\beta), \quad (5.26)$$

где q_0 – распределенная масса ходовой части.

Разрывное усилие цепи

$$P_p = S_{\text{расч}} n_k c_H / z_k, \quad (5.27)$$

где $n_k = 7-10$ – запас прочности цепи;

$c_H = 1,1-1,25$ – коэффициент неравномерности распределения нагрузки между параллельными ветвями цепи;

z_k – число параллельных ветвей цепи.

По максимальному натяжению производится выбор цепи, определение передаточного числа и выбор редуктора, расчет тормозного момента и выбор тормоза.

Тяговый расчет выполняется методом обхода по контуру трассы. Натяжение цепи в точке набегания цепи на натяжную звездочку принимают $S_{\min} = 1000-2000$ Н. Максимальное натяжение цепей в точке набегания на приводные звездочки $S_{\max} = S_{\text{нб}}$.

Контрольные вопросы

1. Общее устройство, классификация, назначение и области применения элеваторов.
2. Преимущества и недостатки ковшовых элеваторов.

3. Основные элементы и основные параметры ковшовых элеваторов.
4. Тяговые органы ковшовых элеваторов. Чем определяется выбор тягового элемента?
5. Типы и назначение ковшей ковшовых элеваторов, способы установки и крепления ковшей.
6. Способы загрузки и разгрузки ковшовых элеваторов.
7. Определение полюсного расстояния. От чего зависит полюсное расстояние?
8. Алгоритм расчета ковшового элеватора.
9. Назначение, общее устройство и конструктивные особенности люлечных и полочных элеваторов.
10. Способы загрузки и разгрузки люлечных и полочных элеваторов.
11. Основы выполнения расчета люлечных и полочных элеваторов.

ЛЕКЦИЯ 6. КОНВЕЙЕРЫ БЕЗ ТЯГОВОГО ЭЛЕМЕНТА

План лекции

6.1 Винтовые конвейеры

6.1.1 Общие сведения, классификация и области применения

6.1.2 Устройство и элементы конвейеров

6.1.3 Особенности расчета винтовых конвейеров

6.1.4 Транспортирующие вращающиеся трубы

Контрольные вопросы

6.2 Качающиеся, инерционные и вибрационные конвейеры

6.2.1 Качающиеся конвейеры. Общие сведения

6.2.2 Динамические режимы работы качающихся конвейеров

6.2.3 Инерционные и вибрационные конвейеры

6.2.3.1 Горизонтальные и пологонаклонные

Вибрационные конвейеры

6.2.3.2 Вертикальные вибрационные конвейеры

Контрольные вопросы

6.3 Роликовые конвейеры

6.3.1 Назначение, классификация роликовых конвейеров

6.3.2 Неприводные роликовые конвейеры

6.3.3 Расчет неприводных роликовых конвейеров

6.3.4 Приводные роликовые конвейеры, типы и общее устройство

6.3.5 Расчет приводных роликовых конвейеров

Контрольные вопросы

6.1 Винтовые конвейеры

6.1.1 Общие сведения, классификация и области применения

Винтовые конвейеры относятся к группе транспортирующих машин без тягового органа и используются в химической и мукомольной промышленности, при производстве строительных материалов для транспортирования пылевидных, порошкообразных и реже мелкокусковых грузов на небольшое расстояние в горизонтальном или вертикальном направлении [2].

Винтовыми конвейерами не рекомендуется перемещать липкие и влажные, сильно уплотняющиеся и высоко абразивные грузы, а также грузы, дробление которых снижает их качество. Транспортирование абразивных материалов винтовыми конвейерами приводит к быстрому изнашиванию винта и желоба; очень липкие грузы налипают на винт и вращаются вместе с ним, не перемещаясь вдоль желоба. Длина горизонтальных винтовых конвейеров

достигает 60 м, высота наклонных и вертикальных конвейеров – до 30 м, производительность до 100 т/ч.

К достоинствам винтовых конвейеров относятся компактность, простота конструкции и обслуживания, надежность в эксплуатации, удобство промежуточной разгрузки, герметичность и пригодность для транспортирования горячих, пылящих и токсичных материалов. Недостатками являются: повышенная энергоемкость, измельчение грузов в процессе транспортирования, повышенный износ винта и желоба, ограниченная длина, высокая чувствительность к перегрузкам, возможность образования заторов.

В зависимости от конфигурации трассы различают винтовые конвейеры: горизонтальные или пологонаклонные под углом 20° (основной тип); крутонаклонные и вертикальные, к этой же группе конвейеров относятся винтовые транспортирующие трубы.

6.1.2 Устройство и элементы конвейеров

Горизонтальный конвейер (рис. 6.1) состоит из неподвижного желоба в форме полуцилиндра, закрытого сверху крышкой; привода (включающего электродвигатель, редуктор и две муфты); приводного вала с прикрепленными к нему витками транспортирующего винта; концевых и промежуточной подшипниковых опор; загрузочного и разгрузочного устройств [2, 5, 6].

Насыпной груз подается в желоб через одно или несколько отверстий, перемещение груза по желобу обеспечивается витками вращающегося винта, при этом груз перемещается вдоль оси конвейера в направлении транспортирования, как гайка вдоль винта, а затем высыпается через одно или несколько разгрузочных отверстий с затворами, расположенных в днище желоба.

Винт конвейера представляет собой трубу с приваренными к ней лопастями, изготовленными из стального листа. Винты выполняются сплошными, ленточными и фасонными (рис. 6.2).

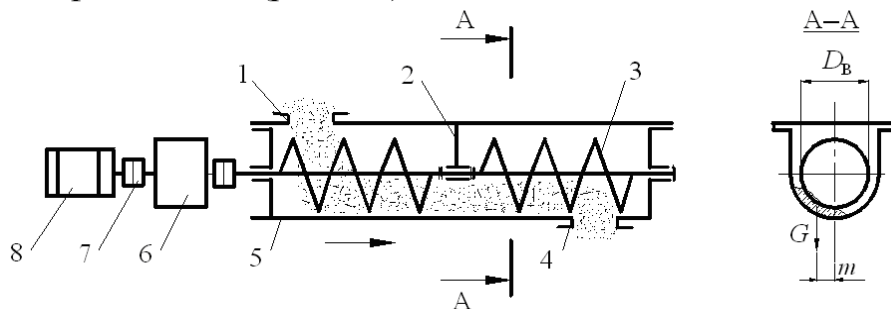


Рис. 6.1. Схема горизонтального винтового конвейера:

- 1 – загрузочное устройство; 2 – подвесная промежуточная опора; 3 – винт;
4 – разгрузочное отверстие; 5 – желоб; 6 – муфта; 7 – редуктор; 8 – электродвигатель

Витки полностенного и ленточного винта изготавливаются штамповкой из стального листа толщиной 4–8 мм и привариваются к валу.

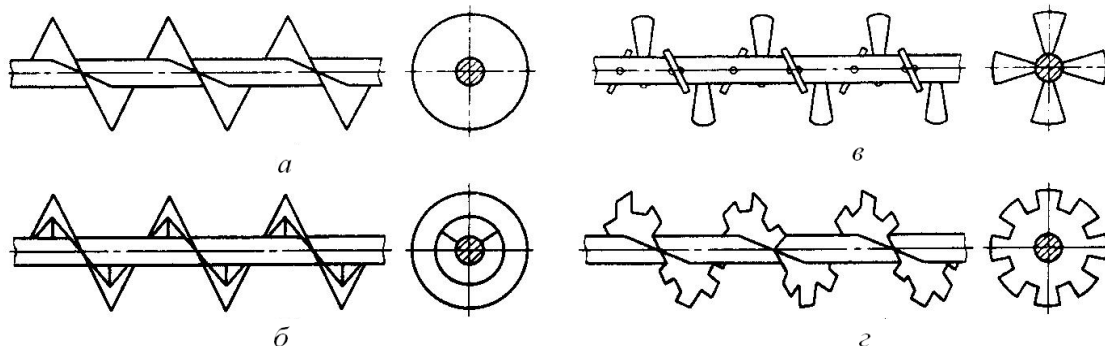


Рис. 6.2. Конструктивное исполнение винта:
a – сплошной полнотенный; *б* – ленточный; *в* – лопастный; *г* – фасонный

Спираль ленточного и лопасти лопастного винта укрепляют на небольших стрижнях через отверстия в валу. Сплошной винт (шнек) применяют для перемещения сухих, порошкообразных и мелкозернистых грузов, ленточный, лопастный и фасонный – для слеживающихся грузов или для совмещения транспортных и технологических операций (смешивания, дробления и др.). Винт изготавливается с правым или левым направлением спирали, одно-, двух- или трехзаходным. В качестве опор винтов применяют подшипники скольжения и качения.

Длина секции винта составляет 2–4 м. Каждые две секции трубчатых винтов соединяют коротким валом. Одну из концевых опор винта снабжают упорным подшипником, который устанавливают на разгрузочном конце конвейера. Промежуточные подвесные подшипники устанавливают с шагом 1,5–3,5 м, в месте установки промежуточной опоры витки винта прерываются.

Подвесные подшипники должны иметь надежное уплотнение для защиты от загрязнения, малые длину и диаметр. Шаг винта для легко перемещаемых грузов принимают $t = D$, для трудно перемещаемых грузов величину шага снижают до $t = 0,8D$. Частота вращения винта n зависит от характеристики перемещаемого груза, частота вращения уменьшается с увеличением диаметра винта, плотности и абразивности груза.

Диаметр винта выбирают ориентировочно, проверяют по формуле для расчета производительности и окончательно принимают в соответствии с нормальным рядом по ГОСТ: 0,1; 0,125; 0,16; 0,2; 0,25; 0,32; 0,4; 0,5; 0,63; 0,8 м. Частота вращения винта выбирается в зависимости от характеристики груза и диаметра винта, наибольшая допустимая частота вращения (об/мин) винта

$$n_{\max} = \frac{A}{\sqrt{D_B}}, \quad (6.1)$$

где A – эмпирический коэффициент;
 D_B – диаметр винта, м.

При перемещении кусковых грузов диаметр винта проверяют с учетом крупности кусков по условию кусковатости

$$D \geq (10-12)a; \quad D \geq (4-6)a_{\max}, \quad (6.2)$$

где a – размер кусков сортированного груза;

a_{\max} – размер наибольших кусков рядового груза.

Желоб конвейера изготавливают из листовой стали толщиной 2–8 мм. Для транспортирования абразивных и горячих (до 200 °С) грузов применяют желоба из чугуна, а для легких неабразивных грузов – из дерева с внутренней футеровкой листовой сталью.

Привод винтовых конвейеров – редукторный, у горизонтальных конвейеров он состоит из электродвигателя, редуктора и двух муфт; у наклонных конвейеров привод выполняют с конической передачей для обеспечения горизонтального расположения редуктора.

Загрузочное устройство состоит из люка в крышке желоба конвейера и впускного патрубка, который обеспечивает герметичность при переходе сыпучего материала в желоб конвейера из бункеров или технологических машин. Разгрузочные устройства выполняют в виде одного или нескольких отверстий в днище желоба, перекрываемых шиберными задвижками для распределения транспортируемого груза в различные приемные пункты, одиночное выпускное отверстие затвором не перекрывается.

Вертикальные винтовые конвейеры (рис. 6.3) относятся к конвейерам специального типа и состоят из вала со сплошными винтовыми витками, вращающегося в цилиндрическом кожухе (трубе), горизонтального винта-питателя и одного или двух отдельных приводов.

Для создания необходимой центробежной силы винт вертикального винтового конвейера имеет большую частоту вращения, чем винт горизонтального конвейера.

Конвейер снабжен одним или двумя отдельными приводами (для основного винта и для питателя), разгрузка производится через верхний патрубок в кожухе. Участок, в который подается груз, изготавливают с уменьшающимся кверху диаметром или с уменьшенным шагом. При большой высоте конвейера во избежание биения вала устанавливают промежуточные подшипники.

Преимущества и недостатки вертикальных винтовых конвейеров те же, что у горизонтальных; по сравнению с ковшовыми элеваторами они имеют меньшие габаритные размеры и большее удобство разгрузки, но являются более энергоемкими.

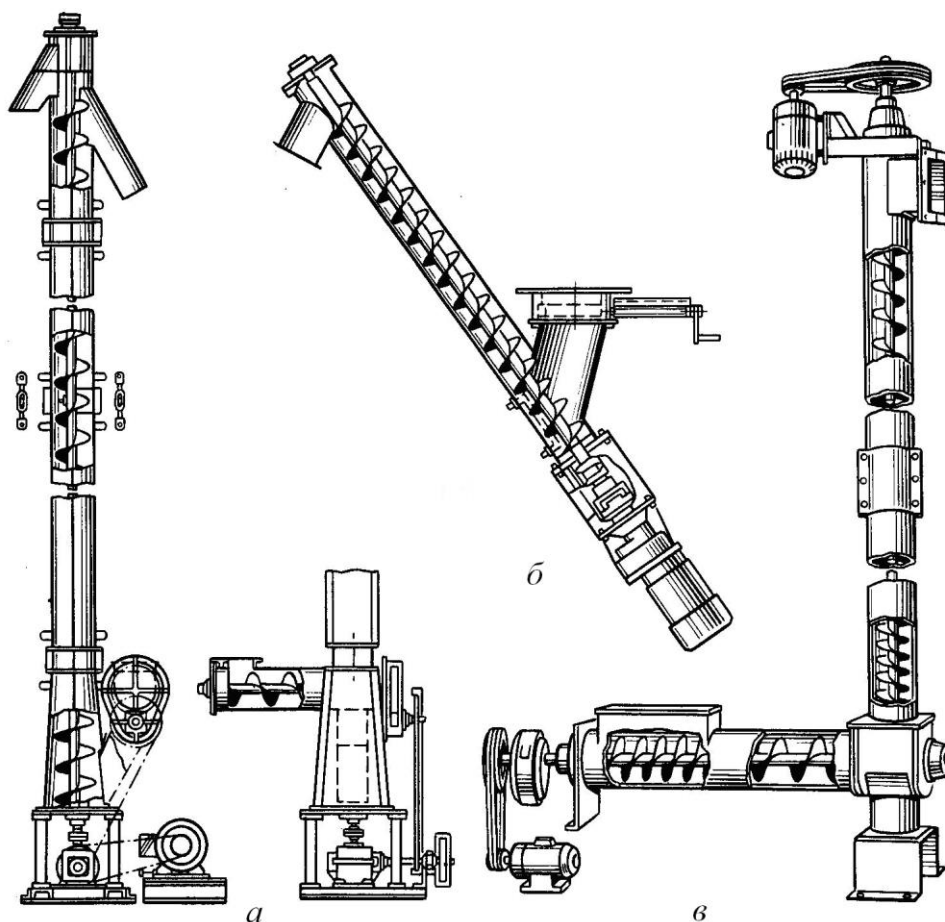


Рис. 6.3. Вертикальные винтовые конвейеры:
a, в – вертикальные; *б* – крутонаклонные

Спиральные бесстержневые конвейеры относятся к конвейерам специального типа и предназначены для подачи сыпучих, пылеобразных пищевых и непищевых продуктов на различные расстояния и высоту. Спиральные бесстержневые конвейеры имеют разнообразные конфигурации трассы, просты при монтаже и обслуживании, легко адаптируются к существующим технологическим линиям и условиям производственных процессов [6].

6.1.3 Особенности расчета винтовых конвейеров

Исходными данными для расчета являются:
характеристика транспортируемого груза;
высота и длина перемещения;
производительность конвейера.

Производительность Q (т/ч) горизонтальных и пологонаклонных винтовых конвейеров

$$Q = V\rho = 60 \frac{\pi D^2}{4} t n \psi \rho C = 47 D^2 t n \psi \rho C, \quad (6.3)$$

где V – объемная производительность конвейера, м³/ч;

ρ – насыпная плотность груза, т/м³;

D – диаметр трубы, м;

t – шаг винта, м;

n – число оборотов винта, мин⁻¹;

ψ – коэффициент наполнения трубы (желоба); для конвейеров без подвижных подшипников: для легкоподвижных грузов (муки, зерна) $\psi = 0,45$; для грузов средней подвижности (песка, мелкокусковой соли и угля) $\psi = 0,3$; для тяжелых абразивных грузов (руды, гравия, золы) $\psi = 0,15$;

C – поправочный коэффициент (для наклонных конвейеров), зависящий от угла наклона конвейера (табл. 6.1).

Таблица 6.1

Значения коэффициента C

$\beta,^\circ$	0	5	10	15	20
C	1	0,9	0,8	0,7	0,6

Диаметр вала винта

$$d_{\text{в}} \approx 35 + 0,1 D_{\text{в}}, \quad (6.4)$$

где $D_{\text{в}}$ – диаметр винта, мм.

Скорость транспортирования

$$v = \frac{tn}{60}, \quad (6.5)$$

где t – шаг винта;

n – частота вращения винта, зависящая от характеристики транспортируемого груза и диаметра винта; максимальная частота вращения винта для легких неабразивных материалов $n = 60 / D_{\text{в}}$; для тяжелых неабразивных материалов $n = 45 / D_{\text{в}}$; для тяжелых абразивных материалов $n = 30 / D_{\text{в}}$.

Наибольшая допустимая частота вращения (мин⁻¹) винта

$$N_{\text{max}} = \frac{A}{\sqrt{D_{\text{в}}}}, \quad (6.6)$$

где A – эмпирический коэффициент (табл. 6.2);

$D_{\text{в}}$ – диаметр винта, м.

Общее сопротивление движению груза складывается из сил трения груза о желоб и о поверхность винта; сопротивления в промежуточных и концевых

подшипниках (включая упорный подшипник); сопротивления подъему при перемещении вверх по наклону.

На винтовом конвейере действуют трудно учитываемые сопротивления от скопления груза у промежуточных подшипников, трения на кромке винта о частицы, затягиваемые в зазор между винтом и желобом и сопротивления, возникающие при перемешивании груза – эти сопротивления учитываются коэффициентом ω (табл. 6.2).

Мощность на приводном валу двигателя

$$N = \frac{Q}{360} (H + L\omega), \quad (6.7)$$

где H и L – высота и длина транспортирования, м;

ω – общий коэффициент сопротивления движению

Таблица 6.2

Значения расчетных коэффициентов ψ , A , ω
в зависимости от типа транспортируемого груза

Типы грузов	Расчетные коэффициенты		
	ψ	A	ω
Легкие и неабразивные (зерновые продукты, мука, древесные опилки)	0,4	65	1,2
Легкие и малоабразивные (мел, угольная пыль, асбест, торф, сода)	0,32	50	1,6
Тяжелые и малоабразивные (соль, кусковой уголь, глина сухая)	0,25	45	2,5
Тяжелые и абразивные (цемент, зола, песок, глина сырая, дробленая руда, шлак)	0,125	30	4,0

Крутящий момент на валу винта

$$M_0 = 1000 \frac{60N\eta}{2\pi n}, \quad (6.8)$$

где N – мощность двигателя, кВт;

η – КПД привода;

n – число оборотов двигателя, об/мин.

Наибольшая действующая на винт продольная сила, Н

$$P = \frac{M_0}{r \operatorname{tg}(\alpha + \varphi)} = \frac{2M_0}{kD \operatorname{tg}(\alpha + \varphi)}, \quad (6.9)$$

где α – угол подъема винтовой линии винта на радиусе r ;

φ – угол трения груза о поверхность винта;

r – радиус, на котором действует сила P , м.

$$r = \frac{kD}{2} = (0,7 - 0,8) \frac{D}{2}. \quad (6.10)$$

Более подробно расчет винтовых конвейеров представлен в [5, 6].

6.1.4 Транспортирующие вращающиеся трубы

Транспортирующие вращающиеся трубы относятся к конвейерам специального типа.

Винтовая транспортирующая труба (рис. 6.4) вращается на установленных на некотором расстоянии друг от друга парных роликах, внутри трубы на стенке закреплены винтовые витки [2].

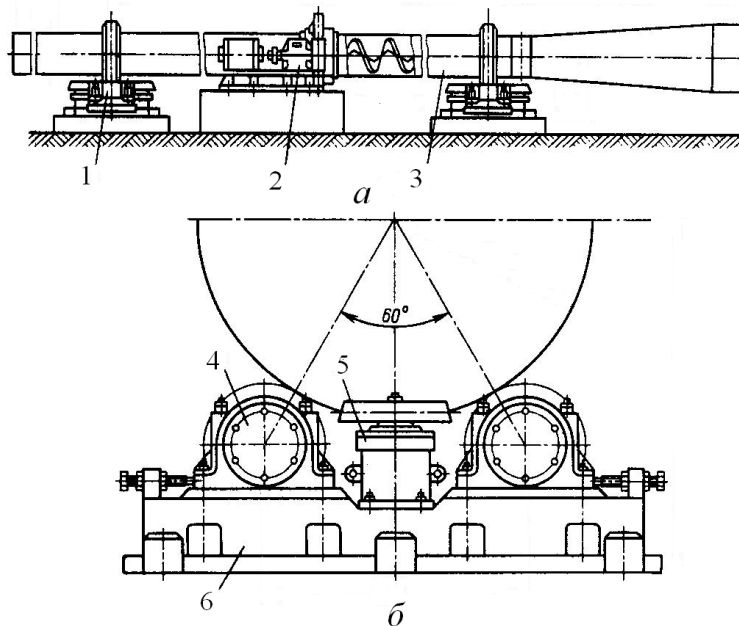


Рис. 6.4. Конструктивная схема винтовой транспортирующей трубы:
a – вид общий; *б* – опорная рама с роликами; 1 – опорно-упорные ролики; 2 – привод;
 3 – труба; 4 – опорный ролик; 5 – упорный ролик; 6 – рама

При вращении трубы груз, поданный с одного конца трубы, пересыпаясь под действием силы тяжести по образуемому витками винтовому желобу, продвигается и высыпается с другого конца трубы.

В местах опирания на ролики на трубу насажены охватывающие стальные кольца (бандажи), с помощью которых труба перекачивается по роликам. Кроме опорных роликов на тех же станинах укреплены по два упорных ролика, которые удерживают трубу от осевого смещения.

Для удобства подачи груза внутри трубы со стороны загрузки установлена коническая винтовая секция. Разгрузка транспортирующей трубы происходит ссыпанием через ее кромку.

Винтовые транспортирующие трубы устанавливаются горизонтально или с небольшим наклоном, возможно исполнение транспортирующей трубы без винтовых витков с гладкой поверхностью. Перемещение груза по винтовым трубам, как правило, совмещается с технологическими производственными процессами. Длина труб составляет 200–250 м.

К преимуществам транспортирующих труб относятся: простота конструкции; надежность; изоляция от внешней среды; широкий диапазон производительности и длины.

Недостатками являются: большая масса; большие габаритные размеры; высокий расход энергии (но меньший, чем на винтовых конвейерах).

Контрольные вопросы

1. Основные типы и области применения винтовых конвейеров.
2. Преимущества и недостатки винтовых конвейеров.
3. Устройство и основные элементы винтовых конвейеров.
4. Материалы для изготовления элементов конвейера.
5. Конструктивное исполнение и способы крепления винта.
6. Способы загрузки и разгрузки винтового конвейера.
7. Алгоритм и особенности расчета винтового конвейера.
8. Общее устройство и конструктивные особенности транспортирующих труб, их назначение и области применения.

6.2 Качающиеся, инерционные и вибрационные конвейеры

6.2.1 Качающиеся конвейеры. Общие сведения

Качающийся (колебательный) конвейер представляет собой открытый или закрытый герметичный желоб или трубу, подвешенную на опорной конструкции. Желоб совершает возвратно-поступательные движения, в результате которых груз, находящийся внутри, совершает короткие перемещения вперед и постепенно передвигается по всей длине транспортирования [2].

Качающиеся конвейеры классифицируют на инерционные, в которых груз скользит по желобу под действием силы инерции, и вибрационные, в которых груз отрывается от желоба и движется внутри него микробросками.

Качающиеся конвейеры имеют горизонтальную, пологонаклонную (с подъемом вверх или уклоном вниз под углом до 15°) и вертикальную трассу с перемещением груза вверх по внутренней винтовой поверхности. Качающиеся конвейеры перемещают насыпные, реже штучные грузы. Длина трассы го-

горизонтальных качающихся конвейеров составляет не более 100 м, производительность – до 400 м³/ч.

Вертикальные качающиеся конвейеры имеют высоту до 12 м, производительность – до 20 м³.

Качающиеся конвейеры используют на предприятиях химической и металлургической промышленности, при производстве строительных материалов (для обеспечения герметичного транспортирования пылящих, горячих, газифицирующих, ядовитых, химически агрессивных грузов).

Горизонтальные качающиеся конвейеры перемещают чугунную и витую стальную стружку (которая является очень неудобным для транспортирования грузом) в механических цехах, горячую выбитую землю, мелкое литье на машиностроительных предприятиях, горячие изделия в металлургическом производстве. Вертикальные качающиеся конвейеры используют в виде бункеров-накопителей при перемещении мелких деталей (винтов, заклепок и др.) на линиях механической обработки и сборки.

Преимуществами качающихся конвейеров являются простота конструкции; герметичность; возможность совмещения процесса транспортирования с технологическими операциями (грохочение, сушка, охлаждение); невысокий расход энергии; малый износ желоба вибрационных конвейеров.

К недостаткам относятся: невозможность перемещения липких грузов; передача вибрационных нагрузок на опорные конструкции; невысокий срок службы упругих элементов и подшипников; интенсивное изнашивание желоба; снижение скорости и производительности при перемещении мелкодисперсных грузов.

6.2.2 Динамические режимы работы качающихся конвейеров

Рассмотрим процесс перемещения частицы груза, находящейся внутри трубы (желоба) качающегося конвейера.

При колебательном движении наклонной плоскости (рис. 6.5) под углом α с ускорением $j_{ж}$, направленном под углом β , частица груза, лежащая на этой плоскости, будет перемещаться вдоль данной плоскости [2].

При этом нормальное давление N частицы груза на плоскость (дно трубы или желоба)

$$N = mg \cos \alpha + mj_y, \quad (6.11)$$

где m – масса частицы груза;

j_y – составляющая ускорения $j_{ж}$ по оси Y ;

$$j_y = -j_{ж} \sin \beta = -a\omega^2 \sin \varphi \sin \beta. \quad (6.12)$$

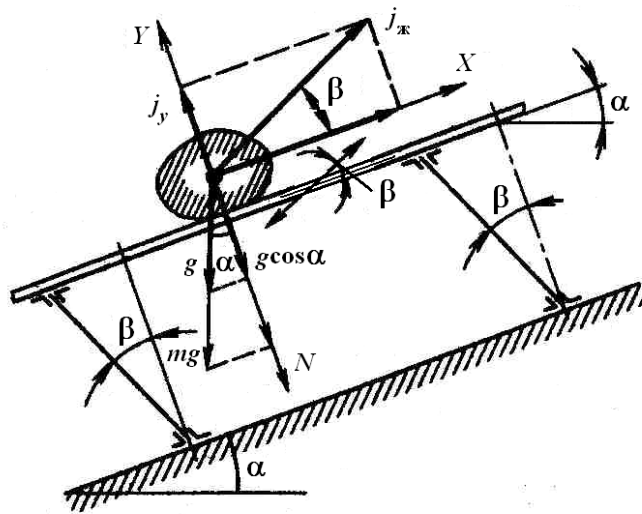


Рис. 6.5. Схема к расчету силы давления груза на желоб

Сила давления груза на плоскость:

$$N = m (g \cos \alpha - a \omega^2 \sin \varphi \sin \beta), \quad (6.13)$$

где a – амплитуда колебаний плоскости;

ω – угловая скорость возбудителя колебаний;

$\varphi = \omega t$ – фазовый угол колебаний (t – время).

При $g \cos \alpha > a \omega^2 \sin \varphi \sin \beta$ сила давления груза на плоскость направлена вниз и является положительной (груз находится на дне желоба).

При $g \cos \alpha < a \omega^2 \sin \varphi \sin \beta$ сила давления направлена вверх, и груз стремится оторваться от плоскости. Угол φ изменяется от 0 до 360° , тогда $\sin \varphi = 1$ при $\varphi = \pi/2 = 90^\circ$.

Коэффициент режима работы качающегося (колебательного) конвейера

$$\Gamma = \frac{a \omega^2 \sin \beta}{g \cos \alpha}. \quad (6.14)$$

Для горизонтального конвейера $\cos \alpha = \cos 0^\circ = 1$ поэтому

$$\Gamma = \frac{a \omega^2 \sin \beta}{g}. \quad (6.15)$$

Коэффициент Γ характеризует динамический режим работы качающегося конвейера и характер движения частиц груза:

при $\Gamma < 1$ груз лежит на колеблющейся плоскости и перемещается не отрываясь от нее (режим инерционных конвейеров);

при $\Gamma > 1$ груз отрывается от колеблющейся плоскости и перемещается микробросками (режим вибрационных конвейеров) (рис. 6.6);

при $\Gamma = 1$ имеют место граничные условия (рис. 6.7).

При выполнении условия $1 < \Gamma \leq 3,3$ движение частицы груза является оптимальным и состоит из нескольких этапов, выполняемых в различные промежутки времени одного периода колебаний плоскости.

Наиболее эффективным является движение частиц груза без скольжения, перемешивания, обратного движения, препятствующих рациональному перемещению.

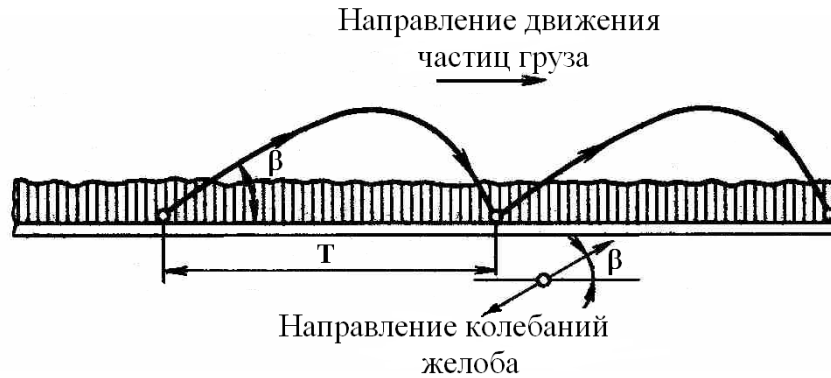


Рис. 6.6. Схема движения частиц груза на вибрационном конвейере

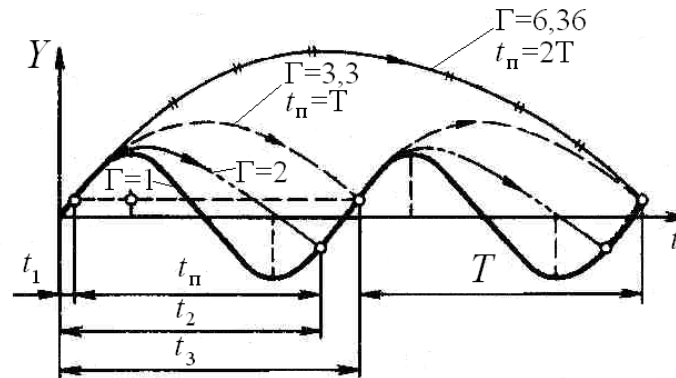


Рис. 6.7. Диаграмма движения частиц груза на вибрационном конвейере

Наиболее рациональными режимами работы конвейера считаются такие, при которых движение частиц происходит при непрерывном подбрасывании и время их микрополета t_{π} составляет $t_{\pi} = \rho T$ (ρ – любое целое число).

Движение с непрерывным подбрасыванием частиц груза происходит при значении коэффициента Γ , определяемом по формуле

$$\Gamma = \sqrt{\pi^2 \rho + 1}. \quad (6.16)$$

При $\rho = 1$ время t_n равно одному полному периоду колебания конвейера, а коэффициент режима $\Gamma = 3,3$; при $\rho = 2$ $t_n = 2T$, а коэффициент $\Gamma = 6,36$ (рис. 6.7).

В результате исследований динамических режимов работы качающихся конвейеров установлено, что при $\rho > 1$ и $\Gamma > 3,3$ имеются определенные зоны снижения скорости перемещения груза (не происходит пропорционального увеличения скорости). При этом конвейер работает со значительными ускорениями, обуславливающими большие динамические нагрузки на привод, подшипники и другие элементы. Следовательно, для вибрационного конвейера коэффициент режима работы должен находиться в теоретических пределах $1 < \Gamma \leq 3,3$.

6.2.3 Инерционные и вибрационные конвейеры

Существует два основных типа качающихся инерционных конвейеров: с постоянным (система Маркуса) и переменным (система Крейса) давлением груза на дно желоба. Конвейер Маркуса состоит из желоба, который опирается на стационарные катки, и двухкривошипного привода [2].

Желоб совершает прямолинейное возвратно-поступательное движение в горизонтальной плоскости: в период прямого хода скорость желоба плавно возрастает, затем резко снижается до нуля, а затем меняет направление; в период обратного хода скорость желоба резко возрастает, затем плавно снижается. Во время прямого хода желоба груз движется вместе с ним без скольжения, накапливая кинетическую энергию; при резком изменении скорости груз продолжает перемещаться вперед по инерции с замедлением, скользя вперед и при обратном ходе желоба (желоб как бы выскользывает из-под груза). При обратном ходе скольжение груза прекращается, и он вместе с желобом движется вперед.

Режим работы конвейера выбирают таким, чтобы обратный ход груза был минимальным. Сила давления груза на дно желоба в каждый цикл колебаний будет одинаковой и равной силе тяжести груза; сила трения груза по дну желоба будет тоже постоянной.

Основными параметрами конвейеров Маркуса являются: амплитуда колебаний желоба 50–150 мм; частота колебаний 40–85 мин⁻¹; ширина желоба 200–1200 мм; длина до 50 м; скорость перемещения груза до 0,2 м/с.

Конвейер Крейса имеет желоб, который опирается на жестко прикрепленные упругие стойки-рессоры, установленные под углом 20–30° к вертикали. Колебательное движение желоб получает от кривошипного привода, который сообщает желобу возвратно-поступательное движение одинакового характера как для прямого, так и для обратного ходов в направлении, перпендикулярном опорным стойкам.

При движении вперед желоб немного приподнимается вверх, а при движении вниз – опускается. Для движения частицы груза вперед при прямом

ходе желоба необходимо, чтобы сила трения груза о дно желоба была больше, чем горизонтальная составляющая силы инерции груза.

При обратном ходе, когда желоб движется назад, опускаясь, вертикальная составляющая силы инерции груза направлена вверх, а сила тяжести – вниз. Сила давления груза на дно желоба и сила трения груза уменьшаются. Для движения груза вперед при движении желоба назад необходимо, чтобы горизонтальная составляющая силы инерции была больше силы трения.

Таким образом, силы давления груза на дно желоба при прямом и обратном ходах получаются различными по значению – это обеспечивает возможность непрерывного перемещения груза по желобу.

Для конвейеров Крейса с переменным давлением груза на желоб принимают $\Gamma < 1$, при этом груз никогда не отрывается от желоба и скользит с переменной скоростью, и ускорение желоба

$$j_{\text{ж}} = n^2 a / 90 > f g / (\cos\beta - \sin\beta), \quad (6.17)$$

где n – частота вращения вала кривошипа, мин^{-1} ;

a – амплитуда колебания;

f – коэффициент трения груза о дно желоба;

β – угол наклона опорных стоек к вертикали.

Основными параметрами конвейеров Крейса являются: амплитуда колебаний 10–20 мм; частота колебаний 300–400 мин^{-1} ; ширина желоба 200–1000 мм; скорость движения груза на горизонтальном конвейере 0,15–0,2 м/с; угол наклона 10–15°.

Вибрационные конвейеры имеют много различных конструктивных исполнений и классифицируются по различным признакам:

по направлению перемещения груза: горизонтальные; пологонаклонные; вертикальные;

по числу одновременно колеблющихся масс: одномассные; двухмассные; многомассные;

по характеру динамической уравновешенности: уравновешенные; неуравновешенные;

по числу грузонесущих элементов: одноэлементные (с одинарным или двукратным грузонесущим элементом); двухэлементные;

по способу крепления грузонесущего элемента: подвесная свободноколеблющаяся конструкция; опорная конструкция с наклонными направляющими упругими элементами;

по назначению: виброконвейеры; питатели и дозаторы; грохоты;

по характеристике и настройке упругих опорных элементов: с резонансной настройкой; с дорезонансной настройкой; с зарезонансной настройкой.

При резонансной настройке частота возмущающей силы вибровозбудителя ω и основная частота собственных колебаний упругой системы конвейера ω_0 одинаковы или близки (для устойчивой работы кон-

вейера $0,85 < \omega / \omega_0 < 1,1$). При дорезонансной настройке ω значительно меньше ω_0 ; при зарезонансной настройке $\omega \gg \omega_0$.

Резонансная настройка упругой системы имеет наибольшее распространение, обеспечивает высокую производительность при малом расходе энергии при установившейся работе конвейера, но требует больших пусковых усилий.

Зарезонансная настройка обеспечивает длительную устойчивую работу машины при различных изменениях нагрузки; при зарезонансной настройке пусковые усилия снижаются, но увеличивается расход энергии при установившейся работе конвейера. Зарезонансная настройка используется для подвесных и опорных конвейеров легкого типа. Дорезонансная настройка имеет малое применение.

Грузонесущий элемент вибрационного конвейера совершает прямолинейные (иногда круговые или эллиптические) симметричные гармонические колебательные движения.

Вертикальные вибрационные конвейеры совершают двойное движение: прямолинейное вдоль вертикальной оси и вращательное вокруг вертикальной оси. Вибрационные конвейеры должны обеспечивать минимальную передачу динамических нагрузок на опорные конструкции; полную герметичность транспортирования; автоматическую (в том числе и промежуточную) загрузку и разгрузку; минимальную массу; малые габариты по высоте; высокую надежность.

Наиболее эффективным является использование вибрационных конвейеров для перемещения сухих однородных порошкообразных, зернистых и мелкокусковых грузов.

6.2.3.1 Горизонтальные и пологонаклонные вибрационные конвейеры

Подвесные виброконвейеры. Желоб (или труба) вибрационного конвейера подвесной конструкции (рис. 6.8) свободно подвешен на амортизаторах к опорным стойкам [2].

Желоб получает направленные колебания от центробежного привода, имеющего нижнее или верхнее расположение. Для обеспечения перемещения груза в заданном направлении привод устанавливают под углом $\beta = 20\text{--}30^\circ$ к продольной оси конвейера.

Линия действия возмущающей силы, вызывающей колебания системы, должна проходить через центр инерции (тяжести) системы для исключения дополнительных крутильных колебаний, неблагоприятно действующих на процесс перемещения груза.

Высокая жесткость узла крепления привода к желобу обеспечивает стабильность распространения колебаний и предотвращает возможное разрушение трубы. Увеличение габаритов грузонесущего элемента повышает его массу и уменьшает амплитуду колебаний, поэтому длина вибрационных конвейеров подвесной конструкции не более 6–8 м.

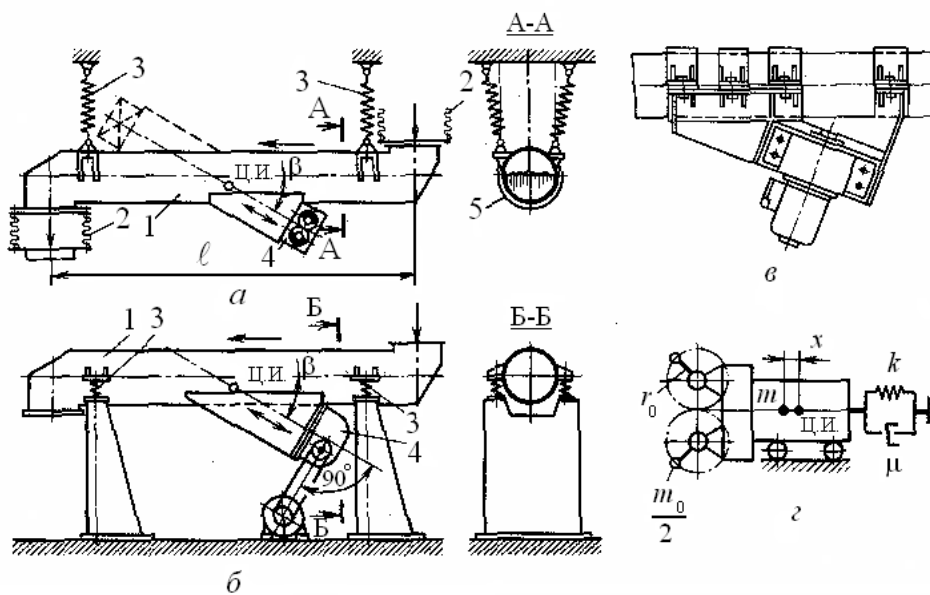


Рис. 6.8. Схемы одномассных свободноколеблющихся вибрационных конвейеров:
а, б, в – конструктивные; *г* – расчетная; 1 – желоб (труба); 2 – гофрированный патрубок;
 3 – амортизатор; 4 – привод; 5 – предохранительный пояс

Преимуществами вибрационных конвейеров подвесной конструкции являются простота; малая масса; возможность промежуточной загрузки и разгрузки; малые динамические нагрузки на опоры. К недостаткам относятся малая длина перемещения и амплитуда колебаний; снижение амплитуды при увеличении загрузки.

Основные параметры конвейеров подвесной конструкции: диаметр трубы: 160, 200, 320, 400 мм; производительность 6–50 м³/ч.

Опорные виброконвейеры. Вибрационный конвейер опорной конструкции (рис. 6.9) состоит из грузонесущего элемента, установленного на опорных упругих элементах под углом β к вертикальной оси опорной рамы, расположенной непосредственно на фундаменте или установленной на упругих амортизаторах [2].

Возмущающая сила привода должна быть направлена под углом направления колебаний β , ее линия воздействия должна проходить через центр инерции колебательной системы.

Основным недостатком таких конвейеров является их неуравновешенность и передача вибронагрузок на опорные конструкции, и поэтому необходимость установки фундаментов. Для уменьшения нагрузок используют тяжелую раму, установленную на амортизаторы (что значительно утяжеляет конвейер).

Опорные конвейеры с центробежными приводами имеют резонансную, а с электромагнитным и эксцентриковым приводом резонансную настройку упругой системы.

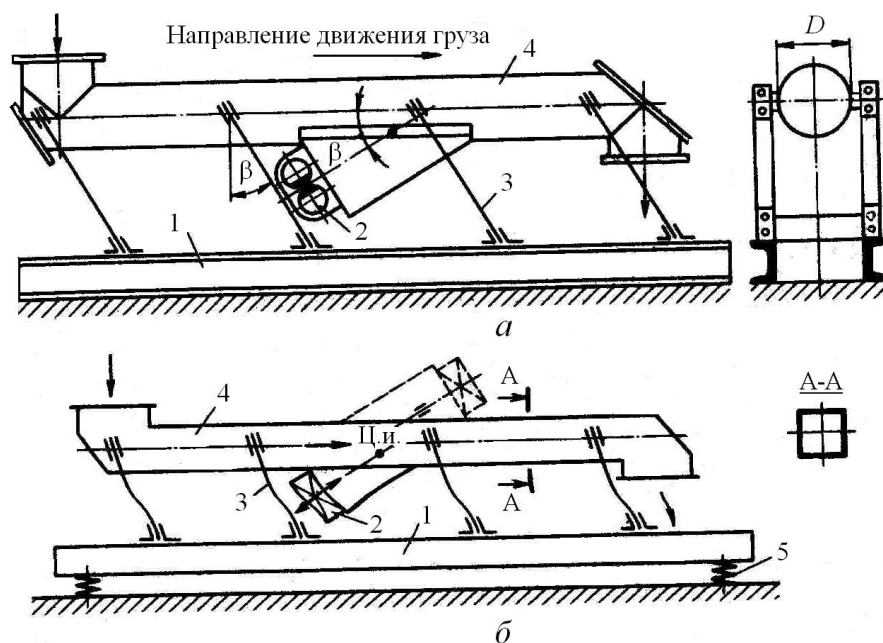


Рис. 6.9. Схемы опорных вибрационных конвейеров: *a* – одномассного; *б* – двухмассного; 1 – опорная рама; 2 – вибропривод; 3 – опорные упругие элементы; 4 – желоб (труба); 5 – амортизаторы

Основными параметрами вибрационных конвейеров опорной конструкции являются: амплитуда колебаний желоба 6 мм; частота 680 мин^{-1} ; угол направления колебаний 22° ; температура транспортируемого груза не более 100°C .

Двухтрубный вибрационный конвейер (рис. 6.10) представляет собой уравновешенную двухмассную колебательную систему с нижней и верхней грузонесущими трубами, которые движутся возвратно-поступательно, параллельно друг другу со сдвигом фаз на 180° , т. е. при движении одной трубы вперед другая труба отклоняется назад на ту же величину – этим обеспечивается уравновешивание движущихся масс [2].

Транспортируемый груз перемещается по верхней и нижней трубам в одном направлении.

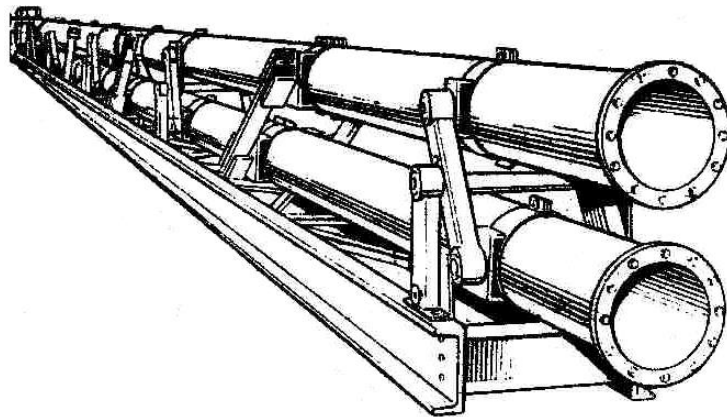


Рис. 6.10. Двухтрубный вибрационный конвейер

Основными параметрами двухтрубных вибрационных конвейеров являются: диаметр трубы: 104, 154, 220, 310, 390, 470 мм; длина 10–30 м; производительность 15–150 м³/ч.

Преимуществами двухтрубных вибрационных конвейеров являются: уравновешенность колеблющихся масс; удвоенная производительность; постоянство амплитуды колебаний; малый расход энергии из-за резонансной настройки упругой системы. К недостаткам относятся: сложность конструкции и узлов промежуточной загрузки и разгрузки; большие габаритные размеры.

6.2.3.2 Вертикальные вибрационные конвейеры

Вертикальный вибрационный конвейер-элеватор (рис. 6.11) имеет жесткий каркас, с наружной стороны которого прикреплен открытый желоб (труба), по которому снизу вверх перемещается груз [2].

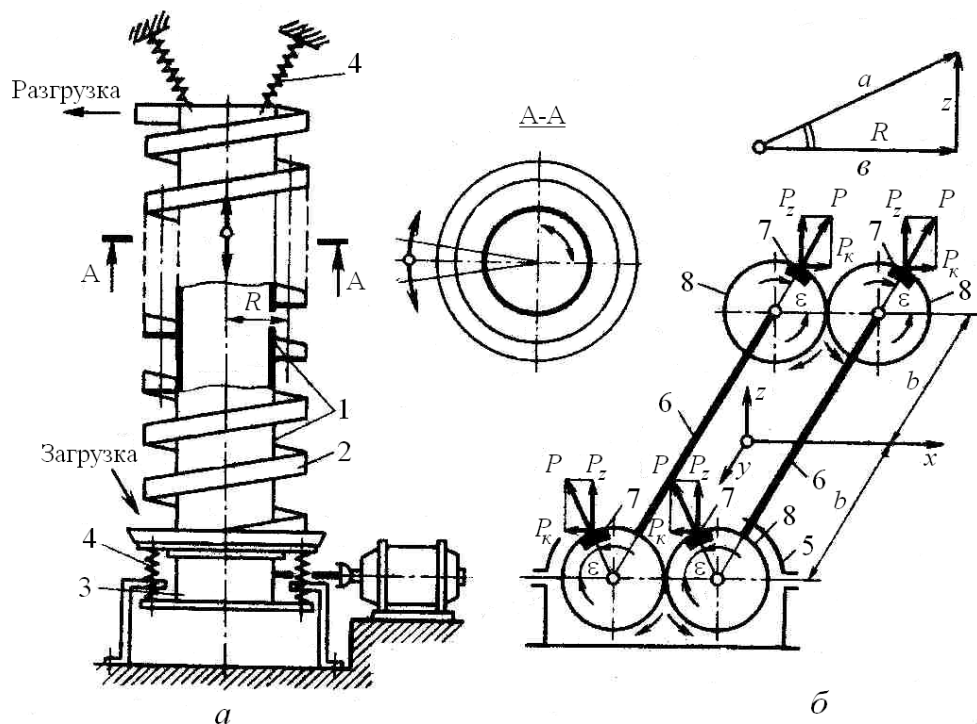


Рис. 6.11. Схема вертикального вибрационного конвейера:
a – конструктивная схема; *б* – двухвальный центробежный вибровозбудитель;
в – составляющие амплитуды колебания;
 1 – цилиндрический каркас; 2 – труба; 3 – привод-вибровозбудитель;
 4 – амортизаторы; 5 – каркас; 6 – параллельные валы; 7 – диски; 8 – зубчатые передачи

Вверху или внизу каркаса устанавливается привод-вибровозбудитель, сообщая каркасу направленные продольные и крутильные колебания, обеспечивая движение груза вверх по спирали. Каркас прикрепляют амортизаторами к опорным частям здания или фундамента.

Вертикальные составляющие P_z центробежных сил P (рис. 6.11) вызывают колебания конвейера вдоль его вертикальной оси, горизонтальные составляющие P_x центробежных сил, направленные в разные стороны, образуют момент, вызывающий крутильные колебания конвейера. Сочетание этих колебаний при определенной частоте и амплитуде обеспечивает транспортирование груза вверх по спирали.

Вертикальные виброконвейеры имеют частоту колебаний 1000–3000 мин⁻¹; суммарные амплитуды колебаний $a = 0,5–8$ мм.

К основным параметрам виброконвейеров относятся: диаметр желоба (трубы) $D_k = 300–900$ мм; ширина желоба 100–400 мм; производительность до 20 м³/ч; высота подъема 6–12 м.

Производительность конвейера

$$Q = 3600 F_0 \nu \psi, \quad (6.18)$$

где F_0 – сечение трубы (желоба), м²;

Ψ – коэффициент наполнения желоба.

Скорость транспортирования

$$v = (K_1 \pm K_2 \sin \alpha) a \omega \cos \beta \sqrt{1 - \frac{1}{\Gamma^2}}, \quad (6.19)$$

где K_1 и K_2 – эмпирические коэффициенты, зависящие от свойств груза;

α – угол наклона конвейера (угол подъема спирали);

a – амплитуда колебаний;

Γ – коэффициент режима работы виброконвейера.

Наружный диаметр каркаса конвейера

$$D_k \geq H / 10, \quad (6.20)$$

где H – высота подъема, м.

Контрольные вопросы

1. Основные типы и области применения качающихся конвейеров.
2. Преимущества и недостатки качающихся конвейеров.
3. Устройство и основные элементы качающихся конвейеров.
4. Динамические режимы работы качающихся конвейеров.
5. Основные разновидности, устройство и конструкции инерционных и вибрационных конвейеров.
6. Конструктивные особенности и основные параметры горизонтальных и пологонаклонных вибрационных конвейеров.
7. Конструктивные особенности и основные параметры вертикальных вибрационных конвейеров.

6.3 Роликовые конвейеры

6.3.1 Назначение, классификация роликовых конвейеров

Роликовые конвейеры (рольганги) относятся к группе машин непрерывного транспорта без тягового органа и перемещают по горизонтали или под небольшим углом наклона штучные грузы (слитки, плиты, профильный прокат, контейнеры, ящики и т. д.), которые могут перекатываться по роликам и имеют плоскую опорную поверхность. Грузы катятся по стационарным роликам, оси которых укреплены на жесткой раме [1, 2, 3, 5, 6].

Роликовые конвейеры выполняются приводными и не приводными, стационарными и переносными или передвижными. Ролики приводных конвейеров приводятся во вращение двигателем и сообщают движение лежащим на них

грузам; в неприводных конвейерах грузы перемещаются под действием движущей силы и приводят во вращение ролики.

Ролики приводных и неприводных конвейеров выполняются цилиндрическими и дисковыми. Ролики обычно имеют цилиндрическую форму и конструктивное исполнение как у роlikоопор ленточных конвейеров. Ролики изготавливаются из стальной трубы, а при легких и средних условиях работы используют ролики, выполненные из синтетических полимерных материалов, т. к. они имеют меньшую массу, более долговечны, эластичны и бесшумны при работе.

Цилиндрические и дисковые конвейерные ролики вращаются на шарикоподшипниках на неподвижных осях.

Длина цилиндрических роликов принимается из нормального ряда: 160; 200; 250; 320; 400; 500; 650; 800; 1000; 1200 мм. Шаг роликов принимается из нормального ряда: 50; 60; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630 мм.

Дисковые ролики имеют разнообразные конструкции (с наружными или внутренними кольцами из пластмассы, с однорядным или двухрядным подшипником и др.), основным их преимуществом является то, что при грузах небольших размеров оси дисковых роликов, расположенных в шахматном порядке, могут устанавливаться ближе друг к другу, обеспечивая спокойный ход грузов.

Роликовые конвейеры состоят из модульных секций длиной 2–3 м, смонтированных из группы роликов, установленных в опоры и закрепленных на раме. Для регулирования угла наклона конвейера стойки рамы выполняют выдвигными.

Роликовые конвейеры отличаются простотой конструкции, возможностью создания трассы практически любой конфигурации и длины с многочисленными разветвлениями и пересечениями, они входят в состав сложных транспортно-технологических систем и комплексов, используются в сочетании с другими подъемно-транспортными и транспортирующими машинами и технологическим оборудованием.

6.3.2 Неприводные роликовые конвейеры

Неприводные роликовые конвейеры выполняют стационарными, переносными и передвижными. Конвейеры устанавливаются с наклоном в сторону движения, и грузы перемещаются под действием собственной силы тяжести. Расстояние между осями роликов выбирают таким, чтобы груз всегда лежал не менее чем на двух роликах, т. е. не больше $1/3$ длины груза.

Основными параметрами неприводных роликовых конвейеров (рольгангов) общего назначения являются: длина ролика – 160–1200 мм и диаметр ролика – 40–155 мм. Шаг роликов составляет 50–630 мм, радиусы поворотных секций – 400–4000 мм. Неприводные роликовые конвейеры (рис. 6.12) просты в эксплуатации, экономичны и отличаются удобством укладки и съема гру-

зов; ширина ходовой части: 160, 250, 400 и 650 мм; диаметры дисков 40 и 60 мм; шаг установки 40, 80 и 160 мм [5, 6].

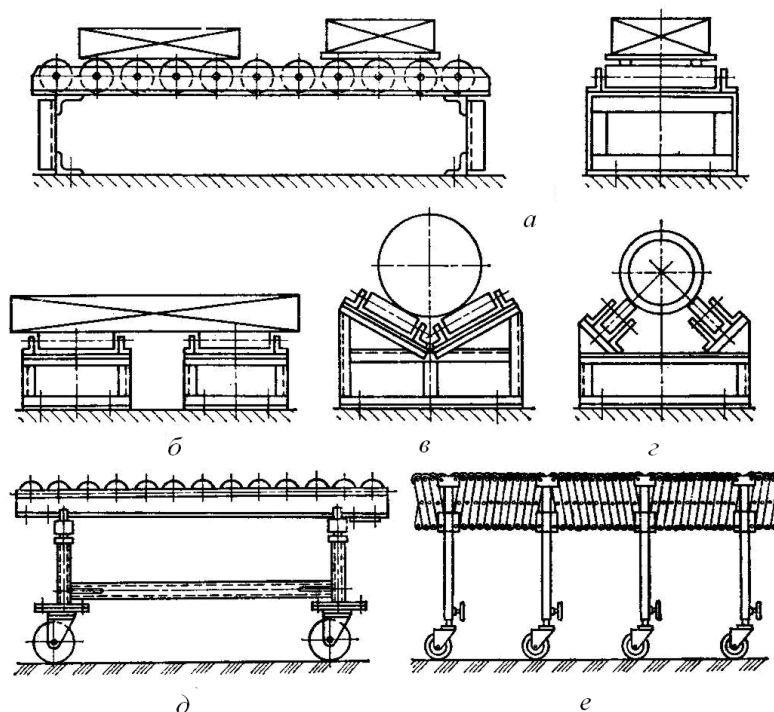


Рис. 6.12. Неприводные роликовые конвейеры:
а – стационарный однорядный; *б* – стационарный отдельный сдвоенный;
в – сдвоенный с наклонными роликами для цилиндрических грузов;
г – с наклонными роликами (дисками) для труб; *д* – передвижной;
е – передвижной раздвигающийся

Неприводные роликовые конвейеры имеют пересечения и разветвления трассы подобно стрелке рельсовых путей. На криволинейных участках (повороты трассы) устанавливаются по два отдельных цилиндрических или конических ролика. На неприводных роликовых конвейерах кроме цилиндрических используют дисковые ролики, самоустанавливающиеся по ходу грузов; шаровые опоры, обеспечивающие движение грузов в любую сторону.

К недостаткам рольгангов относятся: невысокая производительность, нестабильность скорости движения, возможность остановки и самопроизвольного сбрасывания грузов, необходимость восстановления потерянной на наклонной трассе высоты.

Неприводные роликовые конвейеры имеют прямолинейные, криволинейные секции в одно- и двухрядном исполнении, а на местах пересечения трасс – вращающиеся роликовые и невращающиеся шариковые поворотные столы. Криволинейные участки характеризуются повышенным сопротивлением движению, что приводит к увеличению их угла наклона.

Использование элементов роликовых конвейеров в различных комбинациях позволяет объединить в единую транспортную систему неодинаковые

по ритму участка технологической линии. Эти элементы имеют автоматическое управление и обеспечивают регулирование очередности поступления грузов на основной конвейер.

При свободном движении груза под уклон возможен его разгон до большой скорости, для ограничения или регулирования скорости на роликовом настиле устанавливают тормозные устройства разнообразных конструкций. На сходящихся под острым углом конвейерах для предотвращения столкновения грузов устанавливают блокирующие устройства.

При выборе шага роликов необходимо учитывать, что чем меньше шаг, тем спокойнее ход груза, меньше среднее давление его на ролик, выше металлоемкость и стоимость конвейера, больше сопротивление движению и угол наклона настила.

Принимают длину ролика $\ell_p < (0,45-0,2) \ell_{гр}$ ($\ell_{гр}$ – длина опорной поверхности груза); обычно $\ell_p = 1/3 \ell_{гр}$. Для коротких высоких грузов или грузов со смещенным по длине центром масс выполняют проверку на устойчивость.

6.3.3 Расчет неприводных роликовых конвейеров

Из-за неопределенности распределения веса $G_{гр}$ груза на ролики ограничиваются определением средней нагрузки N на ролик в целом [1].

$$\begin{aligned} \text{При } 2\ell_p < \ell_{гр} < 3\ell_p & P = 0,5 G_{гр}; \\ \text{при } 3\ell_p < \ell_{гр} < 4\ell_p & P = 0,33 G_{гр}; \\ \text{при } 4\ell_p < \ell_{гр} < 5\ell_p & P = 0,25 G_{гр}. \end{aligned}$$

Работа груза в период вращения ролика с ускорением складывается из работы трения и кинетической энергии ролика

$$A = K P v^2 / 2g, \quad (6.21)$$

где $K = 0,8 - 0,9$ – коэффициент, учитывающий распределение вращающейся части ролика.

Полная сила сопротивлению движения груза

$$W = W_1 + W_2 + W_3. \quad (6.22)$$

Сопротивление качению груза по роликам

$$W_1 = G 2k / D, \quad (6.23)$$

где k – коэффициент трения качения груза по роликам;

D – диаметр ролика.

Сопротивление трению в цапфах ролика

$$W_2 = [(G + Pz') \mu d] / D, \quad (6.24)$$

где z' – количество роликов, на которых лежит груз;

μ – коэффициент трения в шейке ролика;

d – диаметр шейки ролика.

Для одного ролика работа равна $2A$, для всех z роликов на конвейере $2Az$, тогда сопротивление скольжению груза по роликам

$$W_3 = 2Az / L = k P z v^2 / g L, \quad (6.25)$$

где L – длина конвейера (путь перемещения груза).

Коэффициент сопротивления движению груза ω' и равный ему тангенс угла β наклона конвейера

$$\omega' = \operatorname{tg} \beta = W / G. \quad (6.26)$$

С уменьшением массы грузов необходимо увеличивать угол наклона конвейера. Угол наклона роликового конвейера зависит от силы тяжести вращающихся частей роликов и массы перемещаемого груза, от коэффициента трения качения, который изменяется в зависимости от состояния опорной поверхности груза, диаметра роликов и типа подшипников (на криволинейных участках трассы наклон увеличивается на 0,5–1 %).

Ось и обечайку ролика проверяют на прочность и жесткость.

Более подробно расчет неприводных роликовых конвейеров представлен в [5, 6].

6.3.4 Приводные роликовые конвейеры, типы и общее устройство

Приводные роликовые конвейеры получили широкое применение в металлургической и деревообрабатывающей промышленности, в прокатных цехах, на заводах, производящих резку и раскрой листового и профильного металла, а также на складах готовой продукции. Такие конвейеры на отдельных участках прокатного производства являются единственно возможным транспортным средством [3, 5, 6].

В приводных роликовых конвейерах вращение на все рабочие ролики осуществляется от двигателя, поэтому классификация таких конвейеров производится по способу передачи на ролики движущей силы. Приводные роликовые конвейеры выполняют с групповым и индивидуальным приводом. По назначению их классифицируют на транспортные с групповым приводом и на рабочие реверсивные с индивидуальным приводом для каждого ролика.

При групповом приводе движение роликам передается продольным трансмиссионным валом (рис. 6.19), приводными цепями (рис. 6.20), клиновыми ремнями или лентой.

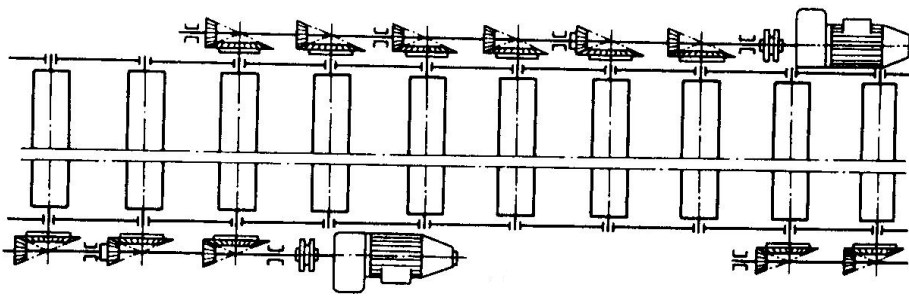


Рис. 6.19. Схема привода роликового конвейера с продольным валом и коническими зубчатыми передачами

Конвейеры такой конструкции применяются для тяжелых условий работы, они выполняются реверсивными и используются в металлургическом производстве для подачи металла к прокатным станам, плавильным и охлаждающим камерам.

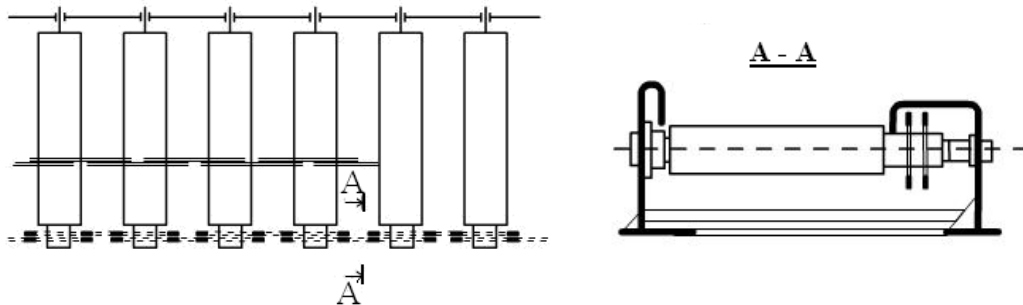


Рис. 6.20. Схема группового привода роликового конвейера, осуществляемого с помощью приводных цепей от ролика к ролику

Тихоходный групповой привод устанавливают на конвейерах общего назначения для транспортирования легких, средних и реже тяжелых грузов.

6.3.5 Расчет приводных роликовых конвейеров

Расчет приводных транспортных роликовых конвейеров [2, 3].
Необходимая мощность двигателя, кВт

$$N = \left(\frac{QH}{360} + \frac{QL_r \omega'}{360} + \frac{zP\omega'_v}{1000} \right) \frac{1}{\eta} \quad (6.27)$$

где Q – расчетная производительность, т/час;

H – высота подъема, м

L_r – длина горизонтальной проекции, м;

ω' – коэффициент сопротивления движению грузов;

ω'_1 – коэффициент сопротивления вращению роликов;

$\eta = 0,8-0,85$ – кпд механизма;

P – расчетная нагрузка на ролик, кг.

Для горизонтального конвейера $H = 0$, $L_r = L$, тогда мощность группового привода приводного роликового конвейера

$$N = \left(\frac{QL\omega'}{360} + \frac{zP\omega'_1 v}{1000} \right) \frac{1}{\eta}. \quad (6.28)$$

С увеличением производительности конвейера и количества роликов мощность двигателя возрастает.

Интервал времени (c) между прохождением грузов при равномерном поступлении их на конвейер при z – количестве грузов в час

$$t = \frac{3600}{z}. \quad (6.29)$$

Продолжительность движения грузов по конвейеру

$$T = \frac{L}{v}. \quad (6.30)$$

Количество грузов, одновременно находящихся на конвейере

$$z_0 = \frac{T}{t} = \frac{zL}{3600v}. \quad (6.31)$$

Наибольший крутящий момент

$$T_{\max} = \left(\frac{K_1 G \omega'}{i} + P \omega'_1 \right) \frac{D}{2}, \quad (6.32)$$

где $K > 1$ – коэффициент неравномерности распределения груза на роликах;

i – количество роликов, на которых лежит груз;

ω' – коэффициент сопротивления движению груза;

ω'_1 – коэффициент сопротивления движению ролика;

D – диаметр ролика.

Если груз удерживается стопором, а ролики продолжают вращаться, то крутящий момент, Нм

$$T_1 = \left[\frac{K_1 G f}{i} + \left(\frac{K_1 G}{i} + P \right) \omega'_1 \right] \frac{D}{2}, \quad (6.33)$$

где f – коэффициент трения груза о поверхность ролика.

Для рабочих (маневровых) конвейеров у прокатных станов для подачи и отвода металла характерны частые и быстрые изменения направления движения, поэтому при расчете учитывают силы, действующие в периоды ускоренного движения в следующих случаях:

1. Груз катится по роликам без скольжения.

Сила трения груза массой m

$$m g f_0 \geq m j_0 \quad \text{или} \quad j_0 \leq g f_0,$$

где f_0 – коэффициент трения покоя груза относительно поверхности роликов;

j_0 – ускорение груза.

2. Груз катится и одновременно скользит по роликам, но между грузом и роликами действует сила трения Gf .

Сила трения груза о ролики меньше силы инерции груза

$$j = g f,$$

где f – коэффициент трения скольжения груза о поверхность роликов.

Момент в период ускорения на валу двигателя, Нм

$$T_{\text{дв}} = (T_{\text{ст}} + T_{\text{дин}}) \frac{1}{k_{\text{п}} \eta} + J_{\text{дв}} \varepsilon_{\text{дв}} C, \quad (6.34)$$

где $T_{\text{ст}}$ – статический момент на валу роликов в период ускорения;

$T_{\text{дин}}$ – динамический момент на валу роликов;

$k_{\text{п}}$ – передаточное отношение между валом двигателя и валом роликов;

η – КПД передаточного механизма;

$J_{\text{дв}}$ – момент инерции двигателя;

$\varepsilon_{\text{дв}}$ – угловое ускорение вала двигателя;

$C = 1,1-1,2$ – коэффициент, учитывающий момент инерции вращающихся масс передаточного механизма.

Пусковой момент двигателя в 1,8–2 раза больше номинального при установившемся движении.

Контрольные вопросы

1. Основные типы роликовых конвейеров, способы перемещения грузов на неприводных и приводных роликовых конвейерах.

2. Конструкция, принцип действия и основные элементы неприводных роликовых конвейеров.

3. Конструкция, принцип действия и основные элементы приводных роликовых конвейеров.
4. Схемы трассы, способы загрузки и разгрузки роликовых конвейеров.
5. Основные параметры, конструктивные особенности элементов роликовых конвейеров.
6. Особенности расчета приводных и не приводных роликовых конвейеров.

ЛЕКЦИЯ 7. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

План лекции

- 7.1 Общее устройство, типы и классификация вспомогательных устройств
 - 7.2 Гравитационные (самотечные) устройства
 - 7.3 Бункеры, бункерные затворы
 - 7.3.1 Назначение и классификация бункеров
 - 7.3.2 Процессы истечения и сводообразования в бункерах
 - 7.3.3 Расчет пропускной способности бункеров
 - 7.3.4 Бункерные затворы
 - 7.4 Питатели и дозаторы
 - 7.5 Метательные машины
 - 7.6 Автоматические конвейерные весы
- Контрольные вопросы

7.1 Общее устройство, типы и классификация вспомогательных устройств

К вспомогательным устройствам машин непрерывного транспорта относятся гравитационные устройства (желоба и трубы; ступенчатые и спиральные спуски); бункеры; бункерные затворы; питатели, дозаторы; металлические машины; конвейерные весы. Указанные устройства имеют свои конструктивные особенности и разновидности. Выбор вспомогательных устройств производится индивидуально для каждого типа транспортирующей установки и зависит от вида транспортируемого груза, условий и трассы перемещения, взаимосвязи транспортирующей машины с общим технологическим процессом.

7.2 Гравитационные (самотечные) устройства

К гравитационным самотечным относятся устройства, в которых насыпные и штучные грузы перемещаются вниз по наклонной или вертикальной плоскости под действием собственной силы тяжести (рис. 7.1).

Гравитационные (самотечные) устройства применяются для снижения скорости падения насыпных грузов и выполняются разветвленными или поворотными. Для объединения или разделения грузопотока и направления его в заданном направлении используются желоба, собранные из нескольких фасонных элементов. Для увеличения срока службы желобов и труб при транспортировании абразивных грузов их внутренние поверхности изготавливают или футеруют износостойкими материалами [2, 5, 6].

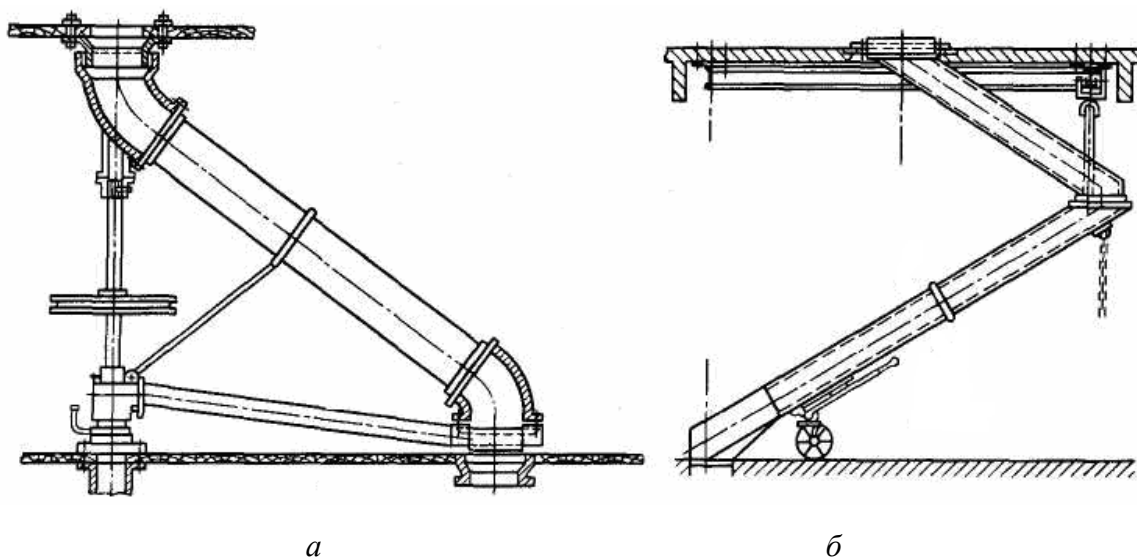


Рис. 7.1. Поворотные спуски (трубы) для подачи насыпного груза
а – по окружности; *б* – по кольцевой площадке

Для снижения скорости падения насыпных грузов применяют ступенчатые (каскадные) или спиральные спуски (рис. 7.2).

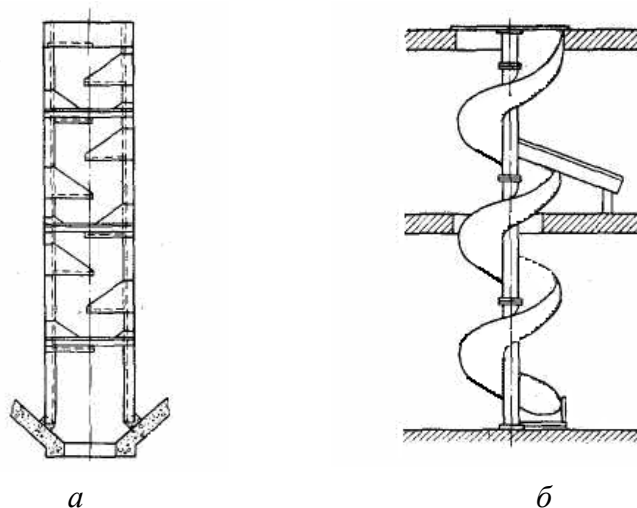


Рис. 7.2. Ступенчатый (а) и спиральный (б) спуски

На ступенчатом спуске внутри трубы прямоугольного сечения с обеих сторон в шахматном порядке установлены полки, по которым груз, пересыпаясь с полки на полку, падает с замедленной скоростью, остающийся на полках слой груза предохраняет их от быстрого изнашивания. Для насыпных грузов, теряющих качество при крошении, а также для штучных грузов в твердой (в ящиках) и мягкой (в мешках, биг-бэгах) упаковках применяют спуски со спиральным желобом, по которому скользит груз.

Для предупреждения и ликвидации заторов по всей длине спиральных спусков устанавливают смотровые люки.

Преимуществами спиральных спусков являются: простота конструкции; возможность достижения высокой производительности; отсутствие движущихся частей. К недостаткам относятся: истирание груза и желоба; возможность образования заторов при резко изменившихся условиях транспортирования (например при повышении влажности груза).

Скорость движения груза составляет 2,5–3,0 м/с. Спиральный спуск может использоваться как промежуточное накопительное устройство при закрытом внизу выпускном отверстии. Для предотвращения преждевременного износа и увеличения срока эксплуатации секции спирали армируют износостойкими покрытиями.

7.3 Бункеры, бункерные затворы

7.3.1 Назначение и классификация бункеров

Бункеры представляют собой сосуды большого объема с загрузочными и разгрузочными отверстиями, перекрываемыми задвижками. Бункеры предназначены для приема, временного накапливания, хранения и подачи на транспортные средства насыпных грузов для их дальнейшей переработки [2, 3, 5, 6].

Бункеры загружаются через открытый верх или загрузочные отверстия, разгружаются через отверстия в днище или внизу боковых стенок. Продвижение груза по бункеру и истечение его через отверстия происходят под действием силы тяжести.

Бункеры применяются в установках трех типов:

аккумулирующие – для хранения насыпных грузов, снабжены устройствами для загрузки и разгрузки емкостей; устройствами для измерения массы и др.;

уравнительные – промежуточные емкости для насыпных грузов;

технологические – для временного хранения промежуточных продуктов переработки.

Применение бункеров необходимо в том случае, если сопряженные в едином производственном процессе транспортные и технологические машины работают в разных режимах по времени: одни периодически, другие непрерывно.

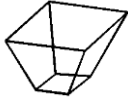
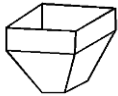
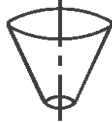
Режим времени работы и производительность комплекса объединенных транспортно-технологических машин определяет необходимый объем бункеров для накопления и хранения грузов.

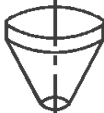
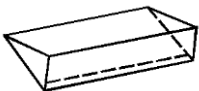
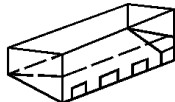
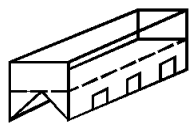
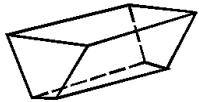
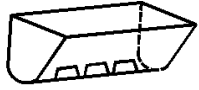
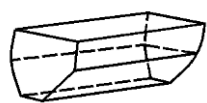
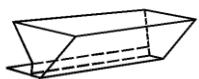
Процессы сводообразования и скорость истечения груза зависят от физико-механических свойств груза, диаметра разгрузочного отверстия и формы бункера.

В табл. 7.1 представлена классификация бункеров.

Таблица 7.1

Классификация бункеров

Бункеры		Геометрическая форма		Схема
Тип	Группа	Корпуса	Днища	
1	2	3	4	5
Прямоугольные	Пирамидальные, обелисковые	Пирамида, обелиск		
	Комбинированные призмопирамидальные, призмобелисковые	Призма	Пирамида, обелиск	
Круглые	Конические	Конус		

	Цилиндроконические	Цилиндр	Конус	
Корытообразные	Однокатные треугольные	Треугольная призма		
	Однокатные трапециевидальные	Четырехугольная призма	Треугольная призма	
	Двускатные	Четырехугольная призма	Две треугольные призмы	
	Трапециевидальные	Трапециевидальное корыто		
	Параболические	Параболическое корыто		
	Комбинированные трапециевидальные	Призма	Трапециевидальное корыто	
	У-образные	Трапециевидальное корыто с плоским дном и боковой щелью		

Форма бункера должна обеспечивать максимальное заполнение и полную разгрузку без образования «мертвых» зон, где происходит задержка груза, и предотвращать возможность сводообразования (зависания) груза над разгрузочными отверстиями, нарушающего режим свободного истечения груза. Угол наклона стенок бункера должен быть на 10–15° больше угла естественного откоса груза для того, чтобы у стенок воронки не образовывалась пассивная зона, в пределах которой груз в начале разгрузки остается неподвижным, затем располагается по углу естественного откоса, а затем скользит вдоль стенок бункера.

Бункеры изготавливают деревянными, металлическими, бетонными, железобетонными. Наибольшее распространение имеют бункеры со стенками из листовой стали и каркасом из профильной стали. Для облегчения движения грузов стенки бункеров внутри выполняют гладкими; при перемещении абразивных грузов стенки бункеров армируют съемными стальными плитами.

Разгрузочные отверстия бункера располагают по центру днища или сбоку с одной или с обеих сторон. Корпус бункера закрепляется сверху за края несущей конструкции.

7.3.2 Процессы истечения и сводообразования в бункерах

При истечении насыпного груза из бункера через разгрузочное отверстие образуется свод из подвижных частиц, воспринимающий давления вышележащих слоев. В первой зоне, лежащей над сводом, частицы движутся в замкнутом слое и соприкасаются друг с другом. Из этого слоя частицы непрерывно переходят в область самого свода. Под поверхностью свода начинается зона свободного падения частиц под действием собственной силы тяжести. В этой второй зоне уже нет связанных друг с другом слоев частиц, они не соприкасаются, при падении расстояния между ними увеличиваются [1, 2, 5, 6].

При экспериментальном сравнении бункеров с круглым, квадратным и прямоугольным разгрузочными отверстиями, имеющими одну и ту же площадь сечения, установлено, что наибольшее количество груза в единицу времени разгружается из бункера с разгрузочным отверстием, характеризующимся наибольшим гидравлическим радиусом, т. е. из бункера с круглым отверстием. Затем следуют бункеры с квадратным и прямоугольным отверстиями. Щелевое и эллиптическое разгрузочные отверстия примерно равноценны по количеству разгружаемого материала, по скорости потока оба эти отверстия значительно уступают отверстию с круглым сечением.

В несимметричных бункерах сопротивление истечению в 2–3 раза больше, чем в симметричных.

7.3.3 Расчет пропускной способности бункеров

Пропускная способность (т/ч) бункера зависит от скорости истечения сыпучих материалов [1, 2, 5]. Для бункеров непрерывного действия

$$Q_M = 3600 \cdot v \cdot \rho \cdot \omega', \quad (7.1)$$

где v – скорость истечения насыпного груза из отверстия бункера, м/с;

ρ – насыпная плотность груза, т/м³;

ω' – площадь отверстия истечения с учетом кусковатости груза, м²; для круглого отверстия $\omega' = \pi (D - a')^2 / 4$ (D – диаметр отверстия, м); для прямоугольного отверстия $\omega' = (A_{и} - a')(B_{и} - a')$ ($A_{и}$ и $B_{и}$ – размеры сторон отверстия, м).

Определение гидравлического радиуса

$$R_r = \frac{D - a'}{4}, \quad (7.2)$$

где D – диаметр выпускного отверстия бункера, мм;

a' – размеры максимальных кусков, мм.

Определение критического радиуса

$$R_{\text{кр}} = \frac{a'}{2}. \quad (7.3)$$

Скорость истечения v груза из бункера:

$$\text{при } R_{\Gamma} > R_{\text{кр}}, \quad v = \lambda_{\text{и}} \sqrt{3,2gR_{\Gamma}},$$

$$\text{при } R_{\Gamma} < R_{\text{кр}}, \quad v = \lambda_{\text{и}} \sqrt{4,2gR_{\Gamma}},$$

где $\lambda_{\text{и}}$ – коэффициент истечения, $\lambda_{\text{и}} = 0,2-0,65$.

Площадь отверстия истечения

$$\omega' = \frac{\pi(D - a')^2}{4}. \quad (7.4)$$

7.3.4 Бункерные затворы

Бункерные затворы служат для закрывания и открывания выпускных отверстий бункеров и регулирования выходящего потока насыпного груза.

Точность регулирования потока открыванием выпускного отверстия возможна только при хорошо сыпучих материалах [2].

Бункерные затворы должны иметь простую и прочную конструкцию, малые габариты; обеспечивать удобство маневрирования и быстроту действия, плотность закрывания и возможность регулирования потока груза.

По типу привода затворы бывают ручные и механические (электрические, пневматические и гидравлические) с дистанционным управлением. По способу действия затворы разделяют на: отсекающие поток груза (затворы в виде плоской задвижки и секторные) и создающие подпор (лотковые) [2, 3]. Конструктивные исполнения затворов представлены на рис. 7.4.

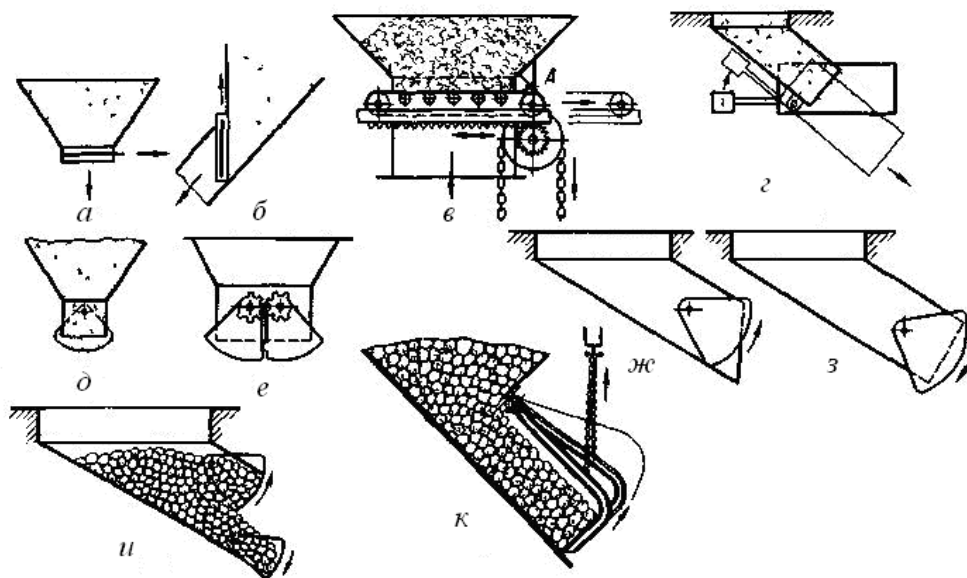


Рис. 7.4. Конструктивные схемы затворов:

a, б – задвижки; *в* – ленточный гусеничный затвор; *г* – лотковый затвор;
д – односекторный затвор; *е* – двухсекторный (челюстной); *ж, з* – наклонный секторный;
и – сдвоенный секторный; *к* – пальцевый

Классификация затворов:

в виде плоской задвижки (рис. 7.4 *a, б*) устанавливаются в днище или боковой стенке бункера;

ленточные гусеничные (рис. 7.4, *в*) открывают или закрывают отверстие передвижением рамы с закрепленной на ней подвижной конвейерной лентой;

секторные (рис. 7.4, *д–и*) имеют цилиндрическую поверхность и при закрывании или открывании поворачиваются вокруг горизонтальной оси;

челюстные (рис. 7.4, *ж, з*) с движением сектора вверх или вниз;

пальцевые (рис. 7.4, *к*), состоящие из поднимающихся и опускающихся рычагов (пальцев), подвешенных на цепях;

лотковые (рис. 7.4, *г*) регулируют поток груза изменением угла наклона лотка.

7.4 Питатели и дозаторы

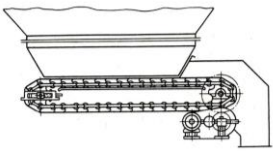
Питатели представляют собой механические устройства для обеспечения стабильного регулируемого грузопотока из бункера или воронки на конвейеры и средства периодического транспорта [2, 3, 5, 6].

В настоящее время широко используется большое разнообразие конструктивных исполнений питателей, каждый из которых имеет преимущества при определенных условиях эксплуатации и организации загрузки, однако универсального функционального решения не существует. Тип питателя выбирается в каждом отдельном случае в зависимости от характеристики

транспортируемого груза, производительности и производственных условий (табл. 7.2).

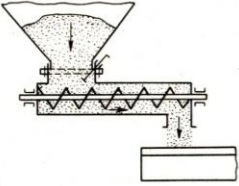
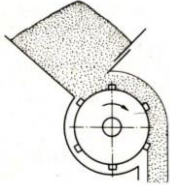
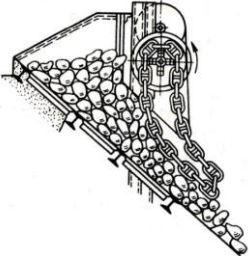
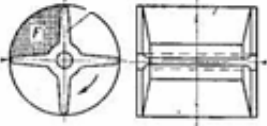
Таблица 7.2

Типы и разновидности питателей

Тип питателя	Назначение
1	2
<p>Ленточный</p> 	<p>Для равномерной подачи насыпных материалов на технологические машины и транспортирующие устройства. Обеспечивает регулируемую производительность изменением высоты слоя груза на ленте с помощью шиберных устройств загрузочных бункеров</p>
<p>Пластинчатый</p> 	<p>Для равномерной подачи тяжелых, крупнокусковых, абразивных грузов</p>
<p>Качающийся</p> 	<p>Для непрерывной подачи из бункеров кусковых и сыпучих материалов с насыпной плотностью до $2,6 \text{ т/м}^3$. Имеет простую конструкцию, высокую надежность, производительность регулируется за счет хода лотка</p>
<p>Вибрационный</p> 	<p>Для дозированной подачи кусковых и зернистых сыпучих материалов из бункеров, воронок и других загрузочных устройств. Питатели вибрационные с активатором предназначены для выгрузки из бункеров сыпучих материалов, склонных к сводообразованию и зависанию</p>
<p>Дисковый</p> 	<p>Для равномерной выдачи из бункеров кусковых, сыпучих и плохосыпучих материалов с насыпной плотностью до $2,5 \text{ т/м}^3$, работает под давлением материала из бункера, производительность регулируется за счет изменения положения съемного ножа и числа оборотов двигателя</p>

Окончание табл. 7.2

1	2
Винтовой	Для равномерной подачи пылевидных, зернистых, мелкокусковых насыпных грузов

	
<p>Барабанный</p> 	<p>Для равномерной подачи хорошо сыпучих зернистых и мелкокусковых грузов и с ребристой поверхностью барабана для крупнокусковых грузов</p>
<p>Цепной</p> 	<p>Для равномерной подачи крупнокусковых однородных грузов</p>
<p>Лопастный</p> 	<p>Для равномерной подачи мелкофракционного материала из бункера с высокой точностью подачи</p>

Питатели предназначены для непрерывной равномерной подачи сухих материалов с заданными (или регулируемыми) характеристиками потока в технологические машины и транспортирующие устройства, а так же как самостоятельное оборудование для наполнения тары сыпучими продуктами.

Питатели применяются на предприятиях горной, металлургической промышленности; на линиях по выпуску сухих строительных смесей; для подачи сыпучих материалов в различных технологических процессах измельчения, смешивания, транспортирования, обжига, фасовки.

Дозаторы – механические устройства циклического действия, производящие при каждом цикле выдачу из бункера определённой порции (дозы) насыпного груза. Дозирование может производиться по объёму или по массе. Дозирование по объёму осуществляется с помощью мерного сосуда (рис. 7.5), плунжера или ячеечного барабана. Поворот мерного сосуда обеспечивается пневмоцилиндром.

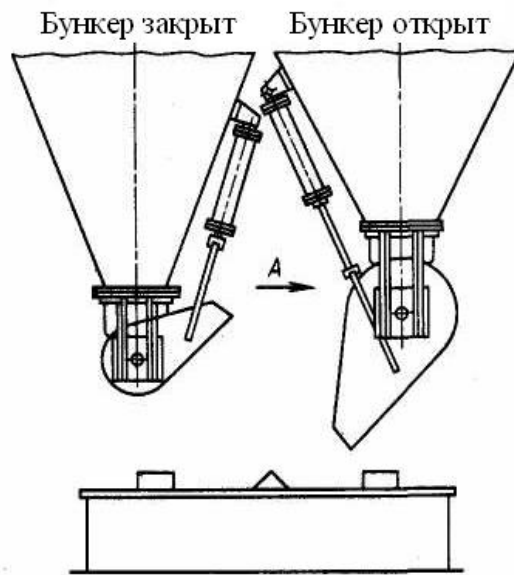


Рис. 7.5. Схема дозатора с дозированием по объему

Некоторые типы дозаторов используются не только как самостоятельные агрегаты, но и в комплексе с другими дозирующими устройствами, обеспечивающими сложное многокомпонентное дозирование и имеют широкие возможности по встраиванию в технологические линии.

7.5 Метательные машины

Метательные машины представляют собой устройства, с помощью которых сыпучему грузу сообщается кинетическая энергия, необходимая для направленного полета на некоторое заданное расстояние (20–30 м). Использование метательных машин особенно эффективно при подаче груза в труднодоступные места [2].

Метательные машины применяют в шахтах для закладки породой выработанных пространств (закладочные машины) и на открытых работах для отсыпки отвалов; в металлургии – для загрузки шихты в печи; на дорожно-строительных и земляных работах – при сооружении земляного полотна дороги, насыпке дамб и пр. (грунтометатели); на железнодорожном и водном транспорте – для заполнения трюмов судов (штивующие машины) и т.д.

По принципу действия различают метательные машины, сообщаящие струе груза скорость вылета трением о рабочий орган; захватом-толканием и двумя этими способами одновременно.

Классификация метательных машин (рис. 7.6) по типу рабочего элемента:

ленточные: с прямой лентой (наклонный конвейер с лентой, движущаяся с высокой скоростью); с изогнутой лентой (ленточно-барабанные), в которых груз засыпается между барабаном и лентой; в зависимости от места вылета груза подразделяются на машины с нижним и верхним вылетом;

лопастные: с расположением лопастного барабана на горизонтальном валу (струя груза подводится по периферии барабана и имеет высокую скорость), изменение направления струи обеспечивается выдвижением щитка; с расположением лопастного барабана на горизонтальной или вертикальной оси (груз подводится через центральное отверстие в кожухе с небольшой скоростью), изменение направления струи обеспечивается поворотом корпуса кожуха;

дисковые: вместо неподвижного круглого днища имеют плоский или конусный вращающийся диск с гладкой поверхностью или с радиальными лопастями, захватывающими и выбрасывающими груз радиально во все стороны.

Общим недостатком метательных машин является быстрое изнашивание соприкасающихся с грузом частей (особенно с кусковым и абразивным). Для увеличения срока службы лент число прокладок должно быть не более 2–3.

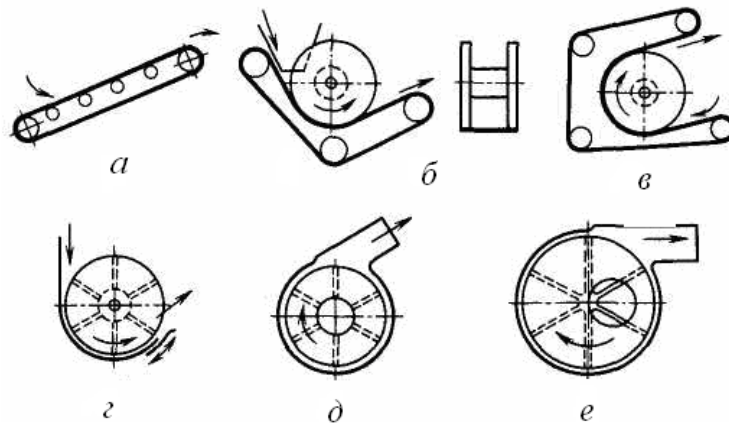


Рис. 7.6. Схемы метательных машин:
a – ленточная с прямой лентой; *б, в* – ленточно-барабанные;
г, д – лопастные (роторные); *е* – дисковая

Для облицовки лопастей и кожухов используют износостойкие материалы. Ленточные метательные машины обеспечивают меньшее разрушение груза и являются более предпочтительными, чем лопастные.

7.6 Автоматические конвейерные весы

Конвейерные весы предназначены для непрерывного взвешивания сыпучих материалов, транспортируемых горизонтальными и наклонными конвейерами, с целью технологического контроля, нормирования и учета массы, а также для коммерческих расчетов [2, 3, 5].

Весы должны быть устойчивыми (возвращаться в первоначальное положение после малого числа колебаний), иметь возможно малую погрешность (не более 1 %), надежными в работе при больших скоростях движения

конвейерной ленты и неравномерной загрузке, иметь взрывобезопасное и защищенное от влаги и пыли исполнение, малые габариты, возможность установки на передвигающихся конвейерах и др.

Конвейерные весы по принципу действия разделяют на весы периодического взвешивания (суммирующие) и весы непрерывного взвешивания (интегрирующие). Конвейерные весы (весовой конвейер) первой группы взвешивают отрезок конвейерной ленты с материалом, который в данный момент времени находится на специальной взвешивающей платформе, смонтированной в конвейерную раму.

Через промежуток времени, равный времени прохождения конвейерной ленты на длину взвешивающей платформы, производится новое взвешивание и его результаты специальными счетчиками суммируются с предыдущими. Весовая платформа конвейерных весов устанавливается на электрических датчиках веса, которые преобразуют вес груза, находящегося на весовом участке в электрический сигнал, который передается на счетное устройство, суммирующее показания через определенные интервалы времени в зависимости от скорости движения конвейерной ленты на конвейерных весах.

Принцип действия интегрирующих конвейерных весов (непрерывного действия) основан на непрерывном взвешивании массы груза в зависимости от скорости движения конвейерной ленты, перемножении показателей и интегрировании по времени; интегрирующие конвейерные весы имеют датчики веса и скорости. Известно много конструкций суммирующих и интегрирующих конвейерных весов с механическими рычажными устройствами и механическими сумматорами и интеграторами, однако такие конвейерные весы уходят в историю; все они характеризуются большой длиной взвешивающей платформы, зависящей от скорости конвейерной ленты, большими погрешностями взвешивания при переменных нагрузках, сравнительно большой металлоемкостью и громоздкостью конструкции, сложностью и большой стоимостью монтажа.

Контрольные вопросы

1. Принцип транспортирования груза на гравитационном устройстве.
2. Материалы, используемые для увеличения срока службы желобов и труб.
3. Общее устройство и назначение ступенчатых и спиральных спусков.
4. Устройство, назначение и классификация бункеров.
5. Как происходят процессы истечения и сводообразования в бункерах?
6. Устройство и классификация бункерных затворов.
7. Назначение, классификация и конструктивные типы питателей.
8. Для каких видов грузов предназначены питатели (ленточный, пластинчатый, скребковый, винтовой)?
9. Устройство и принцип действия дозаторов.
10. Общее устройство и назначение метательных машин.

11. Назначение и принцип действия автоматических конвейерных весов.

ЛЕКЦИЯ 8. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ И ПНЕВМАТИЧЕСКИЙ ТРАНСПОРТ

План лекции

8.1 Назначение и общее устройство установок гидравлического транспорта

8.2 Механическое оборудование установок гидравлического транспорта

8.3 Назначение и общее устройство установок пневматического транспорта

8.4 Механическое оборудование установок пневматического транспорта

8.5 Расчет гидро- и пневмотранспортных установок

8.5.1 Расчет установок напорного гидротранспорта

8.5.2 Расчет установок самотечного гидротранспорта

8.5.3 Расчет установок пневмотранспорта

Контрольные вопросы

8.1 Назначение и общее устройство установок гидравлического транспорта

Установки гидравлического транспорта (рис. 8.1) служат для перемещения насыпного груза по трубам и желобам в струе жидкости (воды) [3]. Смесь груза с водой называется гидросмесь или пульпа. Принцип действия гидравлических транспортных установок заключается в передаче энергии движущейся воды частицам насыпного груза и перемещении их с большой скоростью.

Гидротранспортные установки разделяют на напорные и безнапорные. По желобам (каналам) пульпа перемещается самотеком в сторону движения. По трубопроводам пульпа перемещается самотеком или под напором с помощью насоса: в горизонтальном направлении, вниз или вверх.

Гидротранспорт применяется в котельных ТЭС (для уборки золы, шлака); на металлургических заводах (для уборки шлаков); в горной промышленности (подъем на поверхность угля, руды и подача в шахты закладочного материала); на обогатительных фабриках; в химической промышленности; в строительстве (перемещение размытого струей воды грунта).

Преимуществами гидротранспортных установок являются: компактность трубопроводов; герметичность; высокая производительность; большая длина транспортирования по сложной трассе; простота технического обслуживания; возможность создавать любую по очертаниям трассу; автоматизация процесса транспортирования; обеспечение загрузки и разгрузки в любой точке трассы.

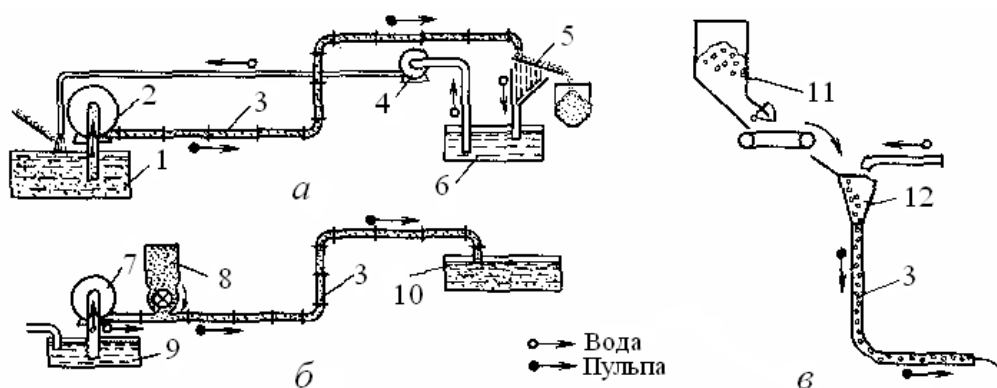


Рис. 8.1. Схемы гидротранспортных установок:
а – с пульпонасосом; *б* – с водяным насосом и питателем; *в* – самотечная;
 1 – водопровод; 2 – пульпонасос; 3 – пульпопровод; 4 – насос для чистой воды;
 5 – водоотделительный грохот; 6 – резервуар для пульпы; 7 – водяной насос;
 8 – бункер с питателем; 9 – резервуар для воды; 10 – резервуар для пульпы;
 11 – бункер для породы; 12 – смешительная воронка

К недостаткам относятся: ограничение ассортимента транспортируемых грузов (по гранулометрическому составу); повышенный износ трубопровода; увеличенный расход энергии; потребность в больших количествах воды и опасность ее замерзания в зимних условиях; повышенная влажность в закрытых помещениях.

8.2 Механическое оборудование установок гидравлического транспорта

Загрузочные устройства (питатели) служат для подачи насыпного груза в трубопровод, который находится под высоким давлением. Загрузочные устройства не должны при работе пропускать воду из трубопровода, по принципу действия выполняются камерными (наибольшее применение) и бескамерными.

Камерные питатели обеспечивают циклическую подачу груза, бескамерные – непрерывную. Цикл работы камерных питателей состоит из времени наполнения камеры, ее освобождения и маневрирования поочередно закрывающимися и открывающимися затворами. Управление затворами двух рядом стоящих секций камерных питателей выполняется таким образом, что в период, когда выпускная камера одной секции заполняется грузом, вторая разгружается в трубопровод [3].

Пульпонасосы используются центробежные и поршневые (при перемещении неабразивных грузов). Преимуществом поршневых насосов является создание высоких давлений; недостатками – быстрый износ, большие габаритные размеры, пульсирующее действие, способствующее выпадению ча-

стиц твердых фракций в трубопровод. По конструкции и принципу действия центробежные насосы почти не отличаются от насосов для воды.

Используются одноступенчатые (основной тип), двух- и многоступенчатые насосы (достаточно редкое применение).

Основные требования, предъявляемые к пульпонасосам: транспортирование крупных (до 100 мм) кусков груза; высокая износостойкость; удобство обслуживания и ремонта. Для увеличения срока службы быстроизнашивающихся элементов пульпонасосов применяют специальные стали и материалы, армирование навулканизированной резиной.

8.3 Назначение и общее устройство установок пневматического транспорта

Установки пневматического транспорта служат для перемещения насыпных и штучных грузов по трубам или желобам в струе сжатого или разреженного воздуха [3]. Установки для насыпных грузов перемещают пылевидные, порошкообразные, зернистые и кусковые материалы, а установки для штучных грузов предназначены для транспортирования по трубам отправок (пневмопочта), производственной документации и мелких грузов, уложенных в патроны. Движение воздуха в трубопроводе создается нагнетательными или вакуумными насосами.

Установки, транспортирующие насыпной груз во взвешенном состоянии в потоке воздуха, разделяют на всасывающие (вакуумные), нагнетательные (напорные) и комбинированные (рис. 8.2).

Всасывающие установки используются там, где требуется забирать насыпной груз из нескольких пунктов и передавать его в один приемный пункт, например, при выгрузке зерна из барж в приемный склад (несколько сопел засасывают зерно сразу из многих отсеков трюма). Во всасывающих установках грузы перемещаются под действием разреженного воздуха, груз поступает в трубопровод через всасывающее сопло, а в конечном пункте шлюзуется из камеры с разреженным воздухом во внешнее пространство. Машинная часть всасывающих установок (воздушный насос и отделительное устройство) расположена с той стороны трубопровода, в которую происходит транспортирование груза.

Нагнетательные установки удобны в тех случаях, когда груз, получаемый из одного пункта, необходимо распределить по нескольким приемным точкам. В нагнетательных установках груз перемещается в струе сжатого воздуха. Груз поступает в трубопровод с помощью питателей в находящийся под давлением трубопровод, при этом «переносная» способность струи выше, чем во всасывающих установках из-за перепада давления и большей скорости струи. Нагнетательные установки применяются для трудно перемещаемых грузов, при транспортировании на большие расстояния или на подъем. Ма-

шинная часть расположена с той стороны трубопровода, от которой происходит транспортирование груза.

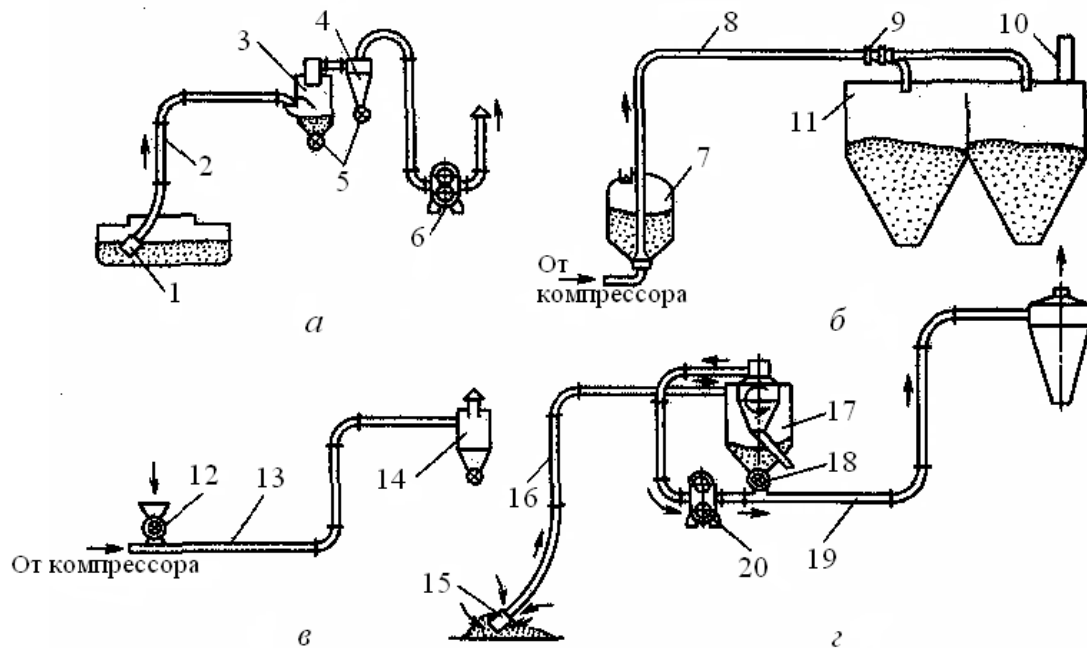


Рис. 8.2. Схемы пневмотранспортных установок:

- а* – всасывающей; *б* и *в* – нагнетательных высокого давления;
- г* – всасывающе-нагнетательной; 1, 15 – сопло; 2, 8, 13, 16, 19 – трубопровод;
- 3 – приемный резервуар-отделитель; 4 – пылеуловительный циклон;
- 5, 18 – шлюзовые затворы; 6, 20 – воздуходувная машина; 7 – камерный питатель;
- 9 – переключатель; 10 – фильтр; 11 – бункер; 12 – питатель; 14, 17 – отделитель

Пневмоустановка комбинированного типа забирает груз из нескольких загрузочных мест и подает одновременно в несколько приемных пунктов. Грузы перемещаются под действием разреженного воздуха и в струе сжатого воздуха. Машинная часть расположена в промежуточной точке трубопровода. Пневмоустановки комбинированного типа наиболее удобны для разветвления трубопроводов с обеих сторон.

Движущаяся по трубопроводу с большой скоростью струя воздуха образует с мелкофракционным грузом достаточно однородную аэросмесь, заполняющую сечение трубопровода. Частицы груза перемещаются скачкообразно во взвешенном состоянии и скольжением по нижней стенке трубы [2].

Пневмотранспортные установки для насыпных грузов по принципу действия разделяют на транспортирующие груз в потоке воздуха во взвешенном состоянии и транспортирующие груз методом аэрации, т. е. насыщения воздухом сыпучего тела, приобретающего при этом свойства жидкости и текущего по наклонному желобу под действием силы тяжести [3].

В качестве воздуходувного оборудования в нагнетательных системах используют компрессоры, воздуходувки и вентиляторы, в вакуумных (всасывающих) – вакуум-насосы и вентиляторы.

Пневмотранспорт широко используется в строительстве, сельском хозяйстве, различных отраслях промышленности, при проведении перегрузочных операций на железнодорожном транспорте, в морских и речных портах, на транспортных перегрузочных узлах комплексах.

Установки пневматического транспорта предназначены для перемещения цемента, мелко- и среднекускового угля, измельченной породы, зерна, соли и других сухих порошкообразных и мелкокусковых грузов.

Основными параметрами пневмотранспортных установок являются: производительность – до 100 т/ч и длина транспортирования от 100 м до нескольких километров.

К преимуществам относятся компактность и герметичность системы; отсутствие потерь груза; сложная конфигурация трассы; высокая надежность; удобство и простота технического обслуживания из-за сосредоточения основного оборудования в одном месте; обеспечение разветвленных грузопотоков; возможность сопряжения с технологическим процессом. Недостатками являются высокая энергоемкость; интенсивное изнашивание трубопроводов (особенно на участках поворотов); ограничение ассортимента транспортируемых грузов.

8.4 Механическое оборудование установок пневматического транспорта

Загрузочные устройства (питатели) служат для подачи насыпных грузов в нагнетательный трубопровод. Используются камерные и бескамерные питатели. Камерные питатели выполняются одно- и двухкамерными. У однокамерного питателя, работающего с подачей воздуха вверх, транспортный трубопровод вертикально по оси камеры. В нижней конической части камеры расположены пористые плитки, через которые проходит сжатый воздух, аэрируя нижние слои лежащего в камере груза. Аэрированный материал под давлением воздуха поступает в трубопровод и движется по нему вверх. Камерные питатели не имеют вращающихся в сыпучей среде деталей и поэтому могут применяться при транспортировании абразивных материалов [3].

Отделители служат для отделения насыпного груза от аэросмеси и располагаются в конечном пункте, а в комбинированных системах и в промежуточных пунктах установки.

Отделители представляют собой резервуар, в котором скорость струи воздуха резко уменьшается, груз выпадает из струи, собирается на дне резервуара и выпускается через затвор. Для более эффективного отделения частиц груза внутри резервуара устанавливают направляющие поверхности из ли-

стальной стали, ударяясь о которые, струя аэросмеси изменяет свое направление. Способствуя выпадению из нее частиц груза.

Воздуходувные машины выполняют центробежными или поршневыми в зависимости от давления и условий работы.

Центробежные машины разделяют на вентиляторы и турбомашин; поршневые машины представляют собой с вращательным движением рабочего органа (ротационные) и с возвратно-поступательным движением поршня. Действие центробежных машин основано на центробежном принципе, при котором кинетическая энергия струи воздуха превращается в потенциальную энергию давления.

8.5 Расчет гидро- и пневмотранспортных установок

Исходными данными для расчета являются:
объемная или массовая производительность;
характеристика груза;
длина и конфигурация трубопровода.

По заданным исходным данным определяют основные параметры, обеспечивающие устойчивый режим транспортирования груза: скорость движения несущей среды (воды, воздуха); необходимое количество воды или воздуха; диаметр трубопровода; сопротивления движению смеси на различных участках трубопровода и напор или давление для их преодоления; мощность двигателя насосного или воздуходувного агрегата.

При определении скорости, напора или давления несущей среды основными параметрами являются крупность частиц и плотность груза. Группы крупности насыпных грузов:

кусковые ($a > 40$ мм);
крупнозернистые ($a = 6-40$ мм);
мелкозернистые ($a = 2-6$ мм);
грубодисперсные ($a = 0,15-2$ мм);
тонкодисперсные ($a < 0,15$ мм).

Расчет для тонкодисперсных, грубодисперсных и кусковых грузов имеет существенные отличия.

8.5.1 Расчет установок напорного гидротранспорта

При расчете гидроустановок для тонкодисперсных грузов критическая скорость [3]

$$u_{кр} = n\sqrt{agD}, \quad (8.1)$$

где $n = 1 - 1,5$ – эмпирический коэффициент, учитывающий влияние степени перемешивания смеси;

$a = (\rho_s - \rho_v) / \rho_v$ – соотношение плотностей частиц груза и несущей среды.
 Концентрация тонкодисперсных грузов составляет $s = 0,2-0,5$. Выбранный диаметр трубы проверяют по условию

$$u = 4V_r / (3600 \pi D^2) \geq u_{кр}, \quad (8.2)$$

где V_r – расход гидросмеси, м³/ч;

D – диаметр трубы, м;

u – скорость транспортирования, м/с.

Удельные потери напора (м/м) при движении смеси

$$H' = k_1 H_0 (1 + a s), \quad (8.3)$$

где $k_1 = 1,1-1,5$ – коэффициент, учитывающий степень перемешивания смеси;

H_0 – удельные потери напора при движении чистой воды со скоростью, равной скорости гидросмеси, м/м;

$$H_0 = \xi u^2 / (D g), \quad (8.4)$$

где ξ – коэффициент гидравлических сопротивлений.

Если трубопровод имеет вертикальные участки высотой $L_{п}$, то потребный напор для него больше на величину статического напора при подъеме $H_{п}$. При движении смеси вниз он на столько же меньше, поэтому $H_{п} = \pm L_{п}$.

Дополнительные потери в трубопроводе составляют около 5%.

При расчете гидроустановок для транспортирования кусковых грузов критическая скорость

$$u = C_1 \sqrt{f a g s D}, \quad (8.5)$$

где $C_1 = 8,5-9,5$ – эмпирический коэффициент;

f – обобщенный коэффициент трения груза о нижнюю стенку трубы.

Удельные потери напора при движении гидросмеси

$$H' = H_0 + f a s. \quad (8.6)$$

Для предотвращения скопления груза в трубопроводе максимальный размер кусков груза должен быть не более 1/3 диаметра трубы, концентрация должна составлять $s = 0,2-0,25$.

При расчете гидроустановок для транспортирования грубодисперсных грузов по полному расчетному напору H_p (м) и производительности V (м³/ч) выбирают насосный агрегат и рассчитывают необходимую мощность двигателя

$$N = \frac{k_3 H_p V \rho_r}{367 \eta}, \quad (8.7)$$

где $k_3 = 1,1-1,2$ – коэффициент запаса;
 $\eta = 0,7-0,9$ – КПД насосного агрегата.

$$H_p = H_{\text{п}} + H_{\text{м}}, \quad (8.8)$$

где $H_{\text{п}}$ – статический напор при подъеме;
 $H_{\text{м}}$ – дополнительные местные потери.

8.5.2 Расчет установок самотечного гидротранспорта

При расчете самотечных установок гидротранспорта и трубопроводного транспорта определяют параметры потока, необходимый уклон и поперечные размеры желоба (трубы).

Основная формула для расчета (формула Шези) [2]

$$v = C \sqrt{R i} \quad \text{или} \quad i = \frac{v^2}{C^2 R}, \quad (8.9)$$

где C – коэффициент Шези, зависящий от шероховатости поверхности и гидравлического радиуса R

$$R = D / 4, \quad (8.10)$$

где D – диаметр желоба.

Для открытого желоба прямоугольного сечения шириной B при глубине потока h гидравлический радиус

$$R = \frac{Bh}{B+2h}. \quad (8.11)$$

Значения минимальных уклонов i пульпопровода зависят от вида и кусковатости транспортируемых грузов и внутренних поверхностей каналов и находятся в пределах 0,015–0,0625.

При расчете по заданному объему перемещаемого груза V' (м³/ч) и коэффициенту разрыхления $k_p > 1$ определяют расчетный объем $V = V' / k_p$; затем выбирают скорость гидросмеси v , геометрические размеры сечения желоба и его гидравлический радиус R .

В зависимости от относительной шероховатости пульпопровода определяют коэффициент C и необходимый уклон i желоба, который обычно зависит от рельефа местности. При большом уклоне рекомендуется использовать желоба с повышенной шероховатостью.

8.5.3 Расчет установок пневмотранспорта

Исходные данные:

производительность Q (т/ч) или V (м³/ч);

длина и конфигурация трубопровода;

физико-механические свойства транспортируемого груза.

В системах пневмотранспорта массовая концентрация аэросмеси в зависимости от характеристики транспортируемого груза и конфигурации трассы трубопровода достигает $\mu = 8-25$, при транспортировании аэрированными потоками $\mu = 60-150$.

Для предупреждения завалов должна учитываться крупность частиц груза и выполняться условие

$$D \geq 3 a, \quad (8.12)$$

где a – размер типичных частиц груза.

Скорость воздуха в трубопроводе как в системе всасывания так и в системе нагнетания возрастает от начального пункта к конечному, поэтому расчет проводится по начальному участку трубопровода.

Критическая скорость

$$u_{кр} = C_2 \sqrt{\mu a g D}, \quad (8.13)$$

где $C_2 = 0,1 - 0,35$ – коэффициент, зависящий от физико-механических свойств груза.

При этом необходимо выполнение условия $u \geq u_{кр}$.

Потери давления в трубопроводе возникают из-за сопротивления движению аэросмеси по горизонтальным участкам, на закруглениях поворотных участков, инерционные потери p_d , при подъеме на вертикальных или наклонных участках $p_{п}$, в загрузочном устройстве p_m .

Полное давление в транспортной системе

$$p = p_n + p_d + p_{п} + p_m. \quad (8.14)$$

Расход воздуха (для одной установки)

$$V'_в = k_2 V_0, \quad (8.15)$$

где $k_2 = 1,1-1,15$ – коэффициент, учитывающий потери воздуха в воздухопроводе;

V_0 – необходимый расход воздуха, м³/с.

Необходимая мощность двигателя

$$N_m = \frac{k L V}{1000\eta}, \quad (8.16)$$

где L_m – теоретическая работа воздуходувной машины;
 $\eta = 0,65-0,85$ – КПД воздуходувной машины.

Контрольные вопросы

1. Назначение, общее устройство и основные схемы установок гидравлического транспорта.
2. Основное механическое оборудование установок гидравлического транспорта.
3. Назначение, общее устройство и основные параметры установок пневматического транспорта.
4. Классификация и основные схемы установок пневматического транспорта.
5. Основное механическое оборудование установок пневматического транспорта.
6. Основные положения расчета гидро- и пневмотранспортных установок.

ЛЕКЦИЯ 9. ПОДВЕСНЫЕ КАНАТНЫЕ ДОРОГИ

План лекции

- 9.1 Общее устройство, конструктивные особенности подвесных канатных дорог
 - 9.2 Основные типы подвесных канатных дорог
 - 9.2.1 Одноканатные грузовые подвесные дороги
 - 9.2.2 Двухканатные грузовые подвесные дороги
 - 9.2.3 Пассажирские подвесные канатные дороги
 - 9.3 Элементы ПКД и подвижной состав
 - 9.4 Общий порядок расчета и конструирования подвесных канатных дорог
- Контрольные вопросы

9.1 Общее устройство, конструктивные особенности подвесных канатных дорог

Подвесные канатные дороги (ПКД) – это транспортирующие машины, тяговым и грузонесущим элементом которых является канат, подвешенный на опорах над поверхностью земли [3].

Подвесные канатные дороги классифицируют по следующим признакам:

- по назначению: грузовые и пассажирские;
- по характеру движения грузонесущих элементов: кольцевые; маятниковые;
- по конструкции: одноканатные; двухканатные.

9.2 Основные элементы подвесных канатных дорог

9.2.1 Одноканатные грузовые подвесные дороги

Характерной особенностью одноканатных грузовых подвесных дорог является то, что функции несущего и тягового элемента выполняет несущее-тяговое кольцо, замкнутое в кольцо (рис. 9.1) [3]. Загруженные вагонетки одноканатных грузовых подвесных дорог перемещаются по жесткому рельсовому пути к выходу со станции, где они подключаются к тяговому канату и перемещаются по несущему канату грузовой ветви к разгрузочной станции Б (рис. 9.1).

Вагонетки совершают кольцевое движение, но на линии между станциями А и Б они не опираются на гибкий подвесной путь, а подвешены к непрерывно движущемуся несущему-тяговому канату и перемещаются вместе с ним.

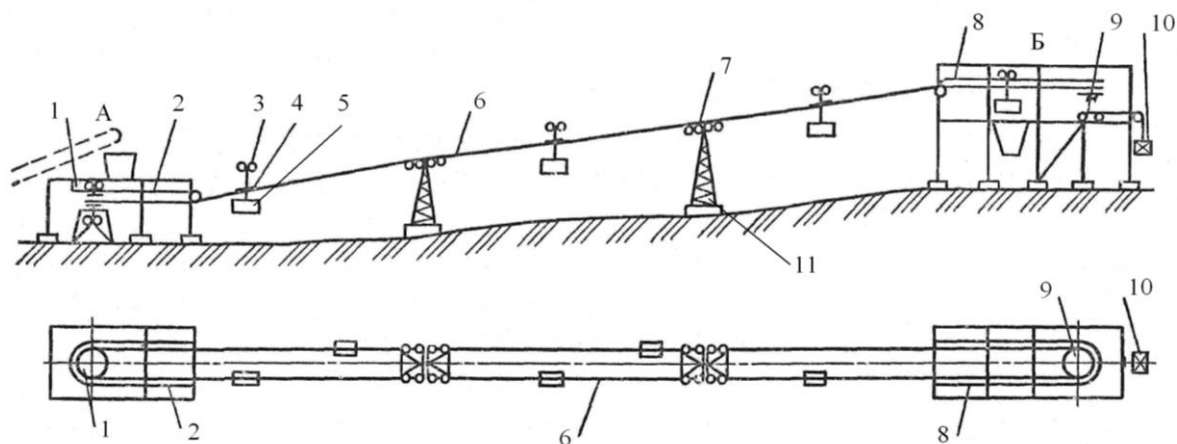


Рис. 9.1 Одноканатная подвесная канатная дорога с кольцевым движением:
1 – фрикционный привод; 2, 8 – рельсовые пути; 3 – ходовые колеса;
4 – зажимной аппарат; 5 – вагонетки; 6 – канат; 7 – балансирные роликовые батареи;

9 – концевой шкив; 10 – груз натяжного устройства; 11 – опоры

При входе на станцию вагонетки автоматически отключаются от каната и передвигаются по жестким рельсовым путям, опираясь ходовыми колесами, при сходе с рельсового пути вагонетки автоматически сцепляются с канатом зажимным аппаратом. Несущий канат приводится в движение фрикционным приводом с канатоведущим шкивом.

9.2.2 Двухканатные грузовые подвесные дороги

Характерной особенностью двухканатных грузовых подвесных дорог с кольцевым движением является наличие гибких подвесных путей – несущих канатов, по которым совершает кольцевое движение подвижной состав (вагонетки), перемещаемый между станциями тяговым канатом, замкнутым в кольцо (рис. 9.2) [3].

На погрузочной станции А вагонетки с помощью выключателя освобождают от тягового каната и загружают из бункера. Здесь вагонетки снова переходят на жесткий рельсовый путь, соединяющий несущие канаты грузовой и холостой ветвей, разгружаются в бункер, обходят оборотный шкив тягового каната, подключаются к нему и по несущему канату холостой ветви возвращаются в пункт А. Концы несущих канатов закреплены на станции А, а на станции Б натянуты грузами.

У однопутной двухканатной подвесной дороги (рис. 9.3) маятниковое (реверсивное) движение по несущему канату совершает только одна вагонетка, несущий канат прикреплен к якорю и натянут контргрузом. Тяговый канат (как на дорогах с кольцевым движением) отводится на одной из станций к приводу, а на другой натягивается контргрузом.

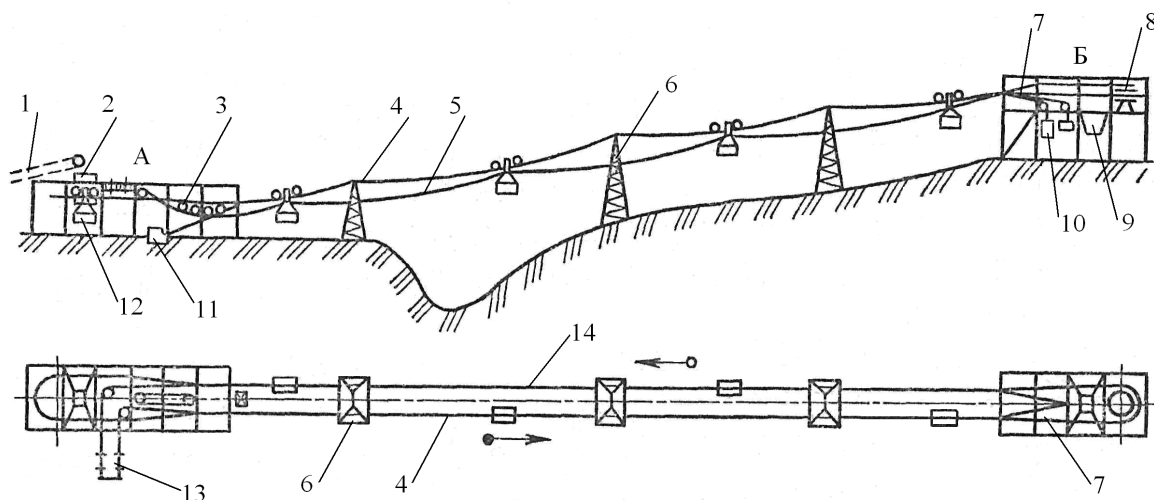


Рис. 9.2 Двухканатная грузовая подвесная дорога с кольцевым движением:
1 – загрузочный конвейер; 2, 9 – бункер; 3, 7 – рельсовый путь; 4, 14 – несущие канаты;

5 – тяговый канат; 6 – опоры; 8 – оборотный шкив; 10 – грузы натяжного устройства;
11 – закрепляющие якоря; 12 – вагонетки; 13 – фрикционный привод

В качестве привода иногда используется лебедка с барабаном, на котором закреплены два конца каната – сбегаящий и набегающий, в этом случае натяжное устройство не применяется.

Дороги данного типа выполняют как однопутными, так и двухпутными – тогда маятниковое движение в противоположных направлениях выполняют две вагонетки, присоединенные к общему тяговому канату.

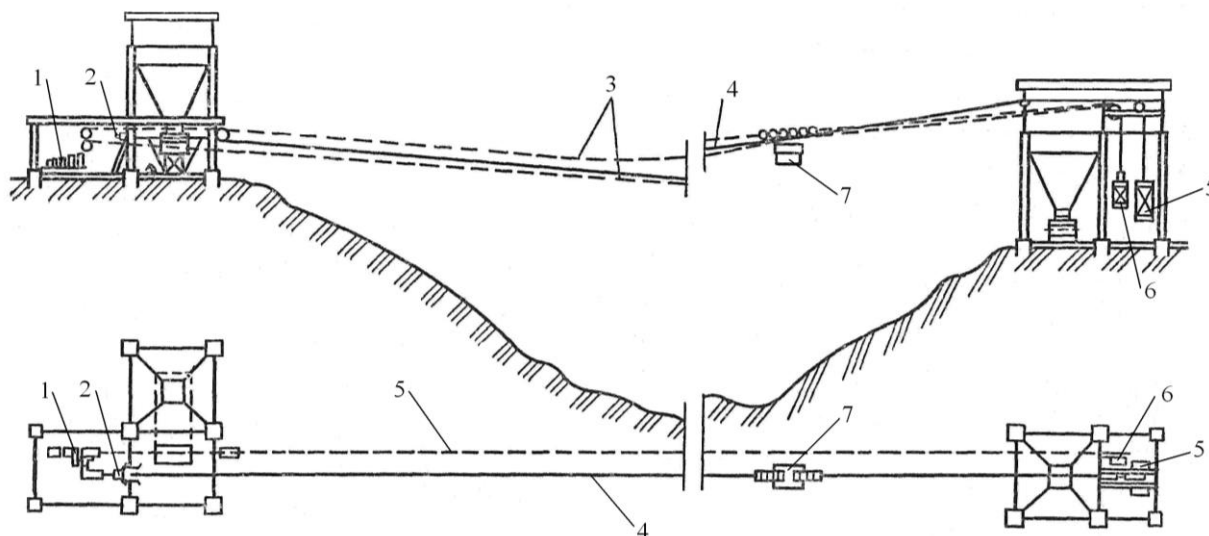


Рис. 9.3 Двухканатная подвесная канатная дорога с маятниковым движением:
1 – фрикционный привод; 2 – якорь; 3, 5 – тяговый канат; 4 – несущий канат;
6 – контргруз; 7 – вагонетка

9.2.3 Пассажирские подвесные канатные дороги

Принцип действия пассажирских подвесных канатных дорог аналогичен принципу действия грузовых подвесных канатных дорог. Пассажирские подвесные канатные дороги выполняют одно- и двухканатными; они имеют кольцевое и маятниковое движение. Принципиальное отличие пассажирских канатных дорог от грузовых состоит в конструкции подвижного состава и повышенных требованиях к безопасности [3].

По конструкции подвижного состава пассажирские подвесные канатные дороги:

Кресельные (обычно одноканатные кольцевые) – с открытыми креслами или легкими полуоткрытыми кабинами, подвешенными к непрерывно движущемуся несуще-тяговому канату; посадка и высадка пассажиров происходит на ходу.

Первая одноместная кресельная канатная дорога была построена в США в 1935 году; в наше время кресельные канатные дороги существуют по-

чти во всех странах мира и продолжают строиться неослабевающими темпами. Кресельные канатные дороги являются универсальным транспортным средством, обслуживающим горнолыжников и любителей летних горных аттракционов, посетителей высокогорных курортов и туристов.

Для лыжников и сноубордистов преимущество кресельной дороги перед буксировочной очевидно – это подъем в комфортабельном кресле с подножкой, что способствует наиболее полному восстановлению лыжникам перед спуском, а также возможность ее круглогодичной эксплуатации.

Кресельные канатные дороги состоят из приводной и обводной станций, натяжного устройства, подвижного состава (в данном случае – кресел) и линейных опор с роликовыми балансирами, поддерживающими канат.

Канат выполняет несущую и тяговую функции, натяжка каната осуществляется противовесом или гидравлической системой.

В качестве подвижного состава используются кресла от 2-местных до 12-местных с отцепляемыми или фиксированными зажимами. Канатные дороги с неотцепляемыми креслами (постоянно закрепленными на канате) получили большое распространение и строятся до сих пор, хотя в современных горнолыжных центрах преимущество имеют дороги с отцепляемыми креслами.

С учетом требований действующих правил безопасности, скорость движения канатных дорог с неотцепляемыми креслами при перевозке обычных пассажиров не превышает 2,25 м/с, а при перевозке лыжников – 2,5 м/с.

Максимальная пропускная способность дороги составляет: 1200 чел/час для дороги с 2-местными креслами и 1800 чел/час для дороги с 4-местными креслами.

На площадках посадки устанавливается специальный турникет, автоматически «дозировать» очередь пассажиров по отдельным креслам (турникеты незаменимы при эксплуатации дорог с 4-8-местными креслами), в качестве дополнительного средства, помогающего организовать одновременную посадку в кресло шести и более лыжников, применяются специальные посадочные конвейеры, предварительно расставляющие лыжников в ряд.

Для быстрой доставки пассажиров в креслах на расстояния свыше 1000 м широко применяются канатные дороги с отцепляемыми креслами. Несущий канат на таких дорогах движется с постоянной скоростью 5 м/с, во время посадки и высадки пассажиров на станциях кресла с раскрытыми зажимами движутся по специальному конвейеру со скоростью 0,3 м/с.

На выходе со станции кресла разгоняются до скорости 5 м/с, зажимы автоматически закрываются и фиксируются на канате – такая схема позволяет пассажирам более комфортно совершать посадку и высадку и вдвое сокращать время проезда.

Пропускная способность канатных дорог, оснащенных креслами с отцепляемыми зажимами, может достигать 2600 чел/час (для дороги с 4-

местными отцепляемыми креслами) и до 4000 чел/час (для дороги с 8-местными отцепляемыми креслами).

Гондольные (одно- или двухканатные кольцевые) с кабинами (гондолами) или креслами, отцепляемыми от каната на конечных станциях и обеспечивающими более комфортабельный вход и выход пассажиров.

Кабинные канатные дороги являются универсальным транспортным средством, обслуживающим горнолыжников и любителей летних горных аттракционов, посетителей высокогорных курортов и туристов; используются в качестве транспортных магистралей для преодоления водных преград и горных ущелий.

По типу движения кабинные канатные дороги разделяют на два класса: с маятниковым (возвратно-поступательным) и кольцевым режимом движения. К преимуществам маятниковых гондольных дорог можно отнести простоту конструкции станций, недостатком является резкое снижение производительности с увеличением длины дороги.

В качестве подвижного состава гондольных канатных дорог применяются группы из нескольких кабин вместимостью от 6 до 24 человек или отдельные вагоны вместимостью от 28 до 150 человек в зависимости от требуемой производительности.

Маятниковая схема получила наибольшее распространение в связи с тем, что она обеспечивает постоянство пассажиропотока и максимальную производительность. Различают дороги с равномерным размещением кабин по линии и с несколькими группами кабин.

Дороги с кольцевым режимом движения можно разделить на дороги с постоянно закрепленными и отцепляемыми кабинами.

Кабинные канатные дороги состоят из приводной и обводной станций, натяжного устройства, подвижного состава (кабин) и линейных опор с роликовыми балансирными, поддерживающими канат. Натяжка каната осуществляется противовесом или гидравлической системой.

С учетом требований действующих Правил безопасности скорость движения канатных дорог с неотцепляемыми кабинами с кольцевым пульсирующим движением групп 2–6-местных кабин не должна превышать 4 м/с; посадка и высадка пассажиров на станциях осуществляется при остановленном подвижном составе или на скорости 0,2–0,5 м/с.

Производительность дорог такого типа зависит от количества групп кабин, количества кабин в каждой группе и типа кабин и не превышает 500 чел/час. Дороги данного класса обычно применяются для решения проблем транспортного и экскурсионного обслуживания.

Для быстрой доставки пассажиров на расстояния свыше 1000 м широко применяются кабинные канатные дороги с отцепляемым на станциях подвижным составом: несущий канат на таких дорогах движется с постоянной скоростью 6 м/с, во время посадки и высадки пассажиров на станциях кабины с раскрытыми зажимами движутся по специальному конвейеру

со скоростью 0,3 м/с, на выходе со станции кабины разгоняются до скорости 6 м/с, зажимы автоматически закрываются и фиксируются на канате.

Кабины крепятся к канату с помощью специальных отцепляющихся зажимов, не требующих никакого технического обслуживания. При входе гондолы на станцию ее зажим отцепляется от тягово-несущего каната, и она переходит на станционный подвесной конвейер, при этом скорость кабины уменьшается до 0,3 м/с, ее двери автоматически открываются и пассажиры выходят; затем гондола продолжает свое движение на станционном конвейере на другую сторону станции, пассажиры заходят в кабину, двери автоматически закрываются, гондола разгоняется конвейером до скорости каната, зажим захватывает канат и гондола выходит со станции; снаружи кабины предусмотрены специальные ниши для лыж.

Рядом с приводной станцией сооружается гараж для парковки гондол на время остановки или технического обслуживания дороги, внутри гаража гондолы перемещаются по направляющему рельсу вручную или с помощью цепного конвейера.

Гондольные дороги выполняют как транспортную функцию доставки пассажиров от жилых зон или паркингов в зону горнолыжного катания, так и для доставки лыжников к началу горнолыжной трассы. Кроме того, гондольные дороги успешно используются в теплое время года для экскурсионных и туристических целей.

Разновидностью гондольных дорог является система, в которой используются два тягово-несущих каната и кабины вместимостью до 36 пассажиров, производительность этих дорог составляет до 4500 чел/час. В отличие от традиционных систем, позволяющих эксплуатацию при скорости ветра не более 15 м/с дорога такого типа может эксплуатироваться при скорости до 25 м/с.

Буксировочные (одноканатные кольцевые) с неотцепляемыми подвесками (бугелями), снабженными буксировочными приборами для одного или двух лыжников (пассажиры захватывают приборы на ходу). В состав буксировочной (бугельной) канатной дороги входят:

верхняя и нижняя станции (приводная и натяжная или совмещенный привод-натяжка и обводная станция);

линейные опоры с балансирами, поддерживающими несущий канат;

буксировочные устройства.

Буксировочные канатные дороги (БКД) предназначены для эксплуатации в зимнее время года и служат для транспортировки лыжников и сноубордистов вверх по склону путем буксирования.

Приводная станция может размещаться как вверху склона, так и внизу – в зависимости от удобства подведения электроэнергии. Натяжение каната может регулироваться как с помощью контргруза, так и цилиндрами гидронатяжки.

В зависимости от количества посадочных мест на буксировочном устройстве, БКД делятся на двухместные и одноместные. Буксировочное устройство должно обеспечивать плавность в начале движения лыжника за счет вытяжки тросика; рекомендуемая скорость движения БКД от 2 до 3,5 м/с.

Существуют дороги с накопителем буксировочных устройств, однако БКД с накопителями находят все меньшее применение, в связи с рывками, возникающими при посадке. Буксировочные канатные дороги могут быть не только прямолинейными, но иметь и повороты трассы.

Используются два типа буксировочных канатных дорог:

тип 1. Дорога с Т-образными опорами и буксировочными устройствами с вытяжкой буксировочного тросика 6,5 м – такие буксировочные устройства обеспечивают плавность движения и удобство посадки;

тип 2. Дорога с П-образными опорами и буксировочными устройствами штангового типа с вытяжкой тросика 1 м.

Скорость движения таких дорог от 2,4 до 2,8 м/с; максимальная производительность дорог с одноместными буксировочными устройствами составляет 720 чел/час при длине склона до 600 м.

Максимальная производительность буксировочных канатных дорог с двухместными буксировочными устройствами составляет 1200 чел/час, что обусловлено условиями безопасной посадки и движения; скорость составляет 3–3,5 м/с. Применение дорог данного типа рекомендуется на склонах от 400 до 1700 м. Преимуществом дорог данного типа является возможность быстрого монтажа-демонтажа.

Максимальная пропускная способность для дорог с одноместными бугелями – 900 чел/час и двухместными – 1200 чел/час.

Бугели безопасны для лыжников, надежны при эксплуатации и наиболее просты в обслуживании, а также экономичны по потреблению электроэнергии. Привод буксировочной канатной дороги размещается на нижней станции. Тяговый канат расположен в вертикальной плоскости, поэтому его обратная ветвь спуска поддерживается Г-образными опорами с роликами.

Положение нижней подъемной ветви каната может регулироваться по высоте в зависимости от высоты снежного покрова. Для свободного прохода снегоуплотняющей машины нижняя ветвь каната может быть поднята на высоту верхней. Нижняя станция буксировочной дороги оснащена приводом с грузовой натяжкой.

9.3 Элементы ПКД и подвижной состав

Несущие канаты. В качестве несущих применяют закрытые канаты ГОСТ 7675-73 и ГОСТ 7676-73 с внешним рядом фасонных S-образных проволок. Отрезки несущих канатов соединяют с помощью линейных муфт с винтовой стяжкой (рис. 9.4). Концы соединяемых канатов заводят в половин-

ки муфты, расплетают, заклинивают стальными клиньями, затягивают во внутренние конусные части полумуфты и соединяют винтовой стяжкой [3].

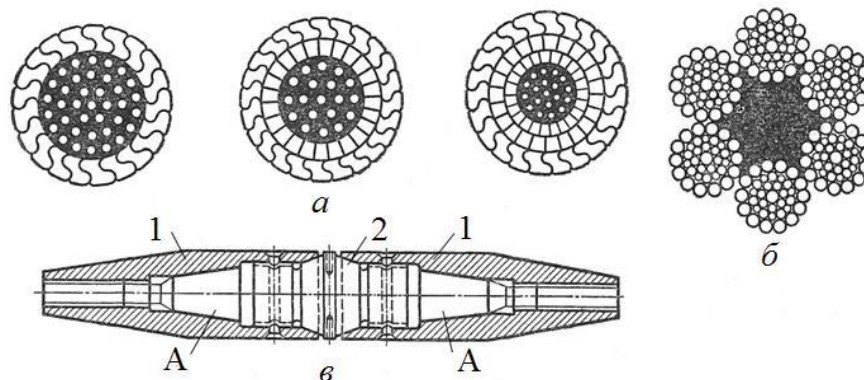


Рис. 9.4 Несущие и тяговые элементы канатной дороги:
а – сечения несущих канатов; *б* – сечение тягового каната; *в* – линейная муфта;
1 – полумуфта; 2 – винтовая стяжка; А – конусные части полумуфты

Тяговые и несуще-тяговые канаты при эксплуатации подвергаются частым перегибам на шкивах, блоках и роликах, а также сжатию в зажимах сцепных приборов и истиранию.

Тяговые и несуще-тяговые канаты должны иметь повышенную гибкость, гладкую наружную поверхность, податливость при поперечном сжатии для надежного крепления в зажимах, высокую прочность и долговечность. В качестве тяговых и несуще-тяговых канатов используют канаты типа ЛКО.

Соединение отдельных участков канатов выполняют счалкой, длину счалки принимают не менее 1000 диаметров каната для грузовых и не менее 3000 диаметров каната для пассажирских дорог.

Подвижной состав грузовых канатных дорог. Вагонетки двухканатных грузовых канатных дорог с кольцевым движением (основной тип) изготавливают с опрокидывающимся кузовом (рис. 9.5) или открывающимся днищем.

Благодаря шарниру кузов сохраняет отвесное положение на наклонных участках дороги. Цапфы расположены ниже центра тяжести загруженного кузова и выше его центра тяжести в незагруженном состоянии, кроме того цапфы смещены от оси симметрии кузова, поэтому загруженный кузов легко опрокидывается и возвращается в исходное положение после разгрузки.

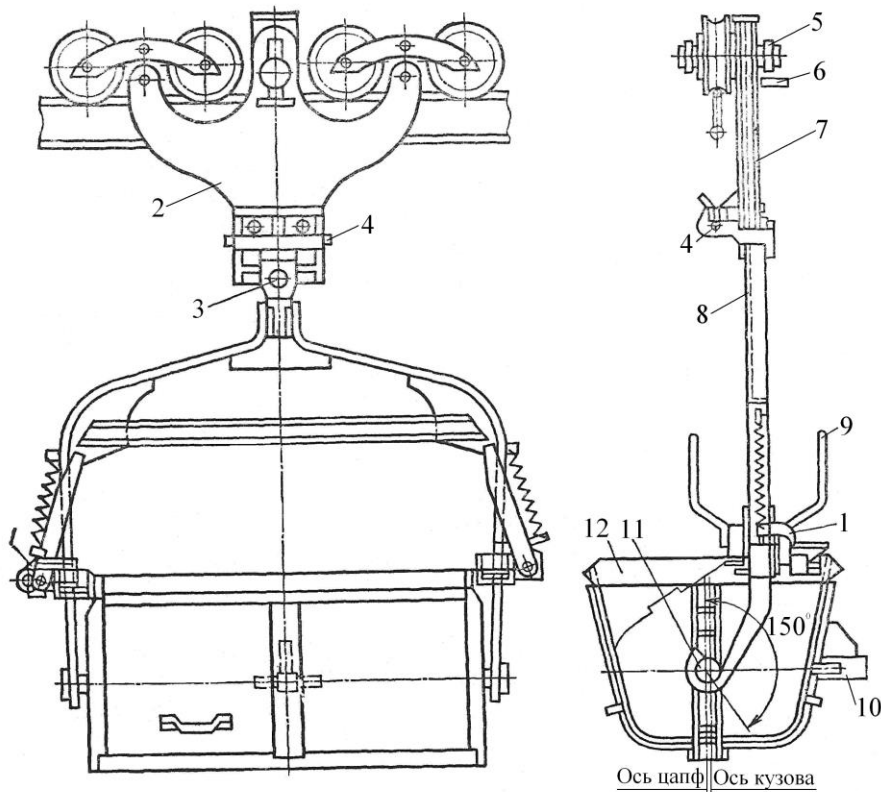


Рис. 9.5 Вагонетка с опрокидывающимся кузовом:

1 – защелка; 2 – тележка; 3 – шарнир; 4 – зажимной аппарат; 5 – боковой ролик;
6 – шина; 7 – тяга; 8 – подвеска; 9 – запорный рычаг; 10 – палец; 11 – цапфа; 12 – кузов

При наезде бокового ролика на шину подвижная щека поворачивается, и зажим освобождает тяговый канат, при сходе ролика с шины тяговый канат зажимается щеками и вагонетка прикрепляется (операции прицепки и отцепки происходят автоматически).

Нормальный ряд грузоподъемностей ходовых тележек вагонеток (включая массы груза, кузова и подвески): 800; 1250; 2000; 3200 кг. Вместимость кузова 0,25; 0,32; 0,4; 0,5; 0,63; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,2 м³.

Подвижной состав пассажирских канатных дорог. Подвижной состав отечественных кресельных одноканатных пассажирских дорог состоит из неотцепляемых одноместных или двухместных кресел правого и левого исполнения с подножкой или без подножки и двухместных кабин [3].

Кресла (рис. 9.6) и кабины (рис. 9.7) прикрепляются к несуще-тяговому канату пружинно-винтовым зажимом, связанным с подвеской с сиденьем кресла или каркасом кабины [3].

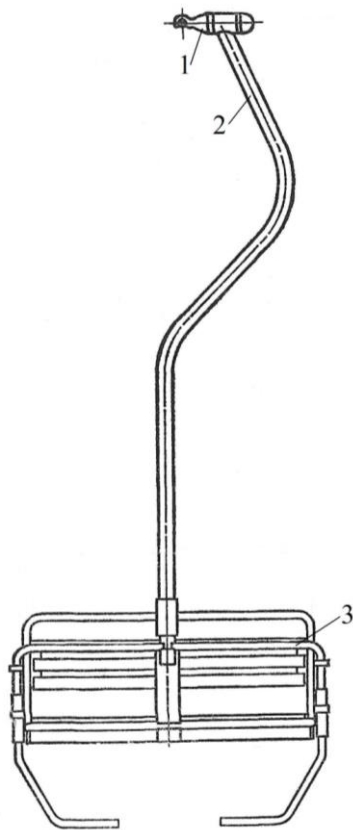


Рис. 9.6 Кресло кресельной пассажирской подвесной канатной дороги:
1 – пружинно-винтовой зажим;
2 – подвеска; 3 – сиденье

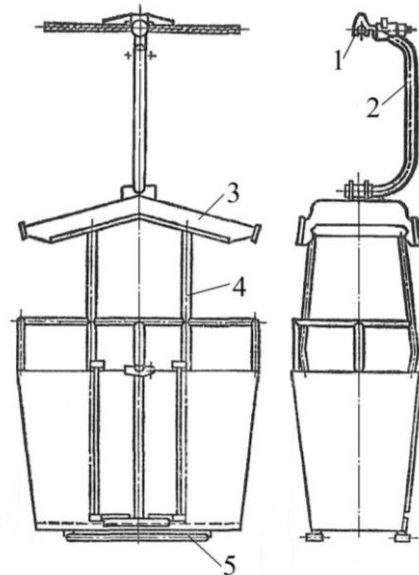


Рис. 9.7 Кабина кресельной пассажирской подвесной канатной дороги:
1 – пружинно-винтовой зажим; 2 – подвеска;
3 – козырек; 4 – каркас кабины; 5 – двери

Кабины выполняются с козырьками или без козырьков и снабжаются дверями. Конструкция и размеры кресел подвесных канатных дорог стандартизованы.

Вагоны отечественных маятниковых пассажирских подвесных дорог выполняют 10-, 20-, 40-, 60-, 80-, 100-, 125-местными. Конструкция таких вагонов включает тележку, подвеску и кабину [3].

Привод. Преимущественное применение в грузовых и пассажирских канатных дорогах с кольцевым и маятниковым движением имеет фрикционный привод с канатоведущими шкивами.

Силы сцепления зависят от коэффициента трения между канатом и канатоведущим шкивом, угла обхвата канатоведущего шкива канатом (рис. 9.8) и усилия натяжения ветвей каната на канатоведущем шкиве. Для увеличения коэффициента сцепления μ каната со шкивом ($\mu = 0,1-0,12$) используют зажимы канатов различных типов и футеровки ручья шкива. Зажимы имеют меньшее распространение из-за больших местных сопротивлений, которые способствуют быстрому износу самих зажимов и каната [3].

Наиболее рациональным и надежным способом повышения коэффициента сцепления μ является футерование ручья шкива вязкоупругим материа-

лом (износоустойчивая резина, обеспечивающая $\mu = 0,22$ и работоспособность при температуре от $+40$ до -25 °С). Конструкция и размеры шкивов пассажирских канатных дорог регламентированы стандартами.

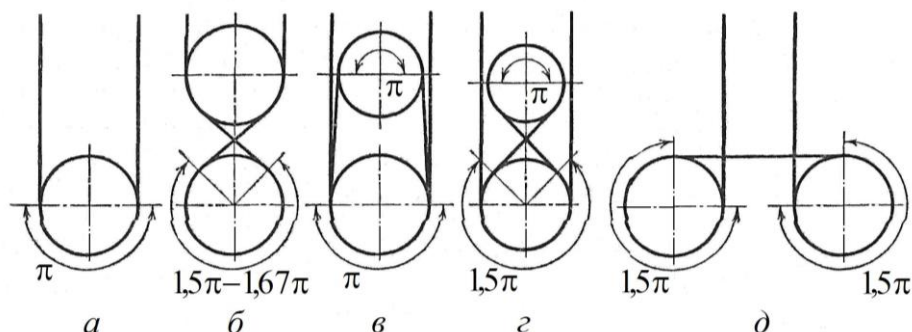


Рис. 9.8 Схемы обхвата канатом шкива

Существует несколько схем обхвата канатоведущего шкива канатом (рис. 9.8). Самая простая из схем обхвата шкива (рис. 9.8, а) обеспечивает наименьшую тяговую способность. Для ее повышения, например, канатоведущий шкив выполняют двухжелобчатым и огибают канатом дважды (рис. 9.8, в, з), однако при этом происходит неравномерный износ парных желобов шкива и каната.

В конструкции привода с двумя последовательно расположенными шкивами (рис. 9.8, д) канатоведущие шкивы приводятся во вращение электродвигателями, имеющими разную мощность с учетом того, что при одинаковых углах обхвата они передают разные тяговые усилия, отличающиеся приблизительно вдвое.

Наиболее рациональной является схема обхвата канатоведущего шкива канатом (рис. 9.8, б), в которой вал одноручьевого футерованного канатоведущего шкива, опертый на подшипники, приводится во вращение электродвигателем приводного механизма. Все элементы привода установлены на общей сварной раме [3].

В подвесных канатных дорогах обычно устанавливается электрический привод. Дороги, расположенные в труднодоступных горных местностях, удаленных от линий электропередач, снабжают дизельными электрическими приводами.

Линейные сооружения. К линейным сооружениям относятся опоры и линейные станции [3].

Опоры (рис. 9.9) поддерживают несущие и тяговые канаты на линии и изготавливаются металлическими или железобетонными высотой 5–30 м; расстояние между осями несущих канатов на опоре (колея) составляет 3; 4; 6 м.

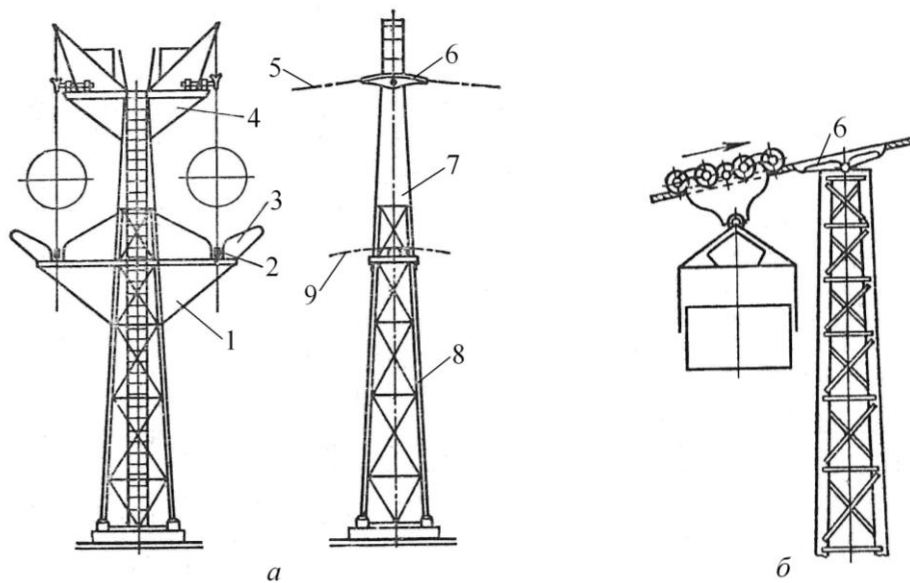


Рис. 9.9 Металлическая опора двухканатной кольцевой грузовой подвесной дороги:
а – конструкция; *б* – башмак опоры;
 1 – нижние консоли; 2 – ролики; 3 – дуга; 4 – верхние консоли; 5 – несущие канаты;
 6 – башмаки; 7 – головная часть; 8 – пирамидальные секции; 9 – тяговый канат

Линейные станции (рис. 9.10) устанавливают в местах стыка участков несущего каната и выполняют двойными натяжными, двойными якорными и якорно-натяжными.

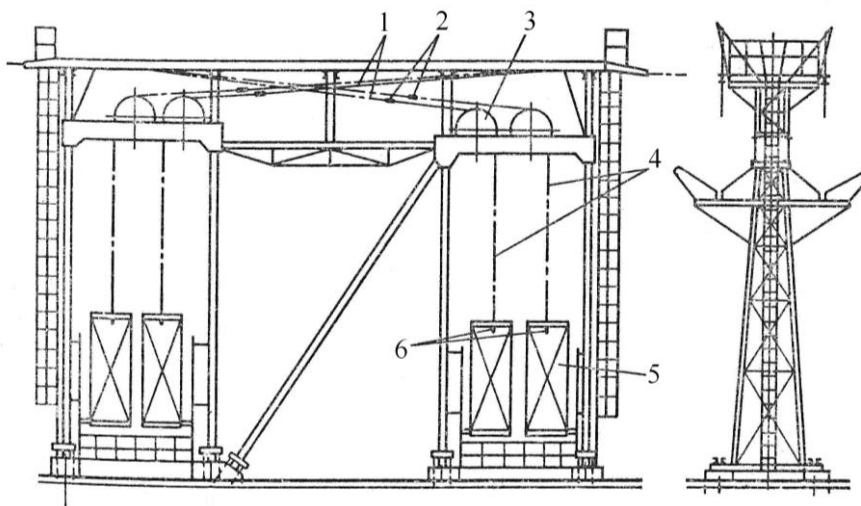


Рис. 9.10 Двойная натяжная линейная станция:
 1 – несущий канат; 2 – переходная муфта; 3 – блок;
 4 – натяжной канат; 5 – контргруз; 6 – концевая муфта

На двойной натяжной станции оба несущих каната каждого из стыкуемых участков с помощью отклоняющих башмаков отводятся внутрь станции, стыкуются переходными муфтами с натяжными канатами, перекинутыми че-

рез блоки, и натягиваются контргрузами. С рамами контргрузов натяжные канаты соединены концевыми муфтами.

На двойной якорной станции (рис. 9.11) концы несущих канатов, отвешенные внутрь станции с помощью отклоняющих башмаков, заякориваются в металлоконструкции станции с помощью анкерной плиты со сферической подушкой и концевой муфты.

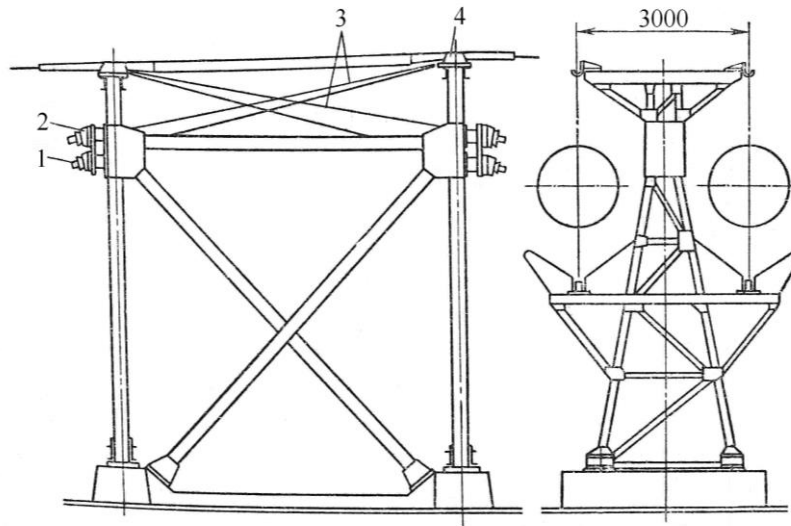


Рис. 9.11 Двойная якорная линейная станция:

1 – концевая муфта; 2 – анкерная плита; 3 – несущий канат; 4 – отклоняющий башмак

Станции и их оборудование. Станции грузовых канатных дорог по назначению классифицируют на погрузочные; разгрузочные; угловые; проходные; узловые [3].

Погрузочная станция – это отправной пункт, представляющий собой наземное сооружение, в котором размещаются:

- жесткий рельсовый путь (на него переходят вагонетки на станции);
- выключатель, обеспечивающий отсоединение разгруженных вагонеток от тягового каната;

- устройство для замедления движения вагонеток перед погрузкой (рельсовый путь с подъемом или тормозные шины);

- устройство для принудительного продвижения отключенных вагонеток по рельсовому пути;

- бункеры, дозаторы, питатели – устройства для накопления груза на станции и дозированной загрузки вагонеток;

- устройство для разгона загруженных вагонеток до скорости тягового каната (наклонная горка или батарея футерованных роликов);

- включатель, обеспечивающий автоматическое подсоединение вагонеток к тяговому канату.

Разгрузочная станция – это конечный пункт грузовых канатных дорог, где происходит разгрузка. Здесь разгруженные вагонетки обходят вокруг обводного шкива и возвращаются к выходной части станции, затем отключаются от конвейера (или вспомогательного каната), подключаются к тяговому канату и уходят на линию.

Угловые станции устанавливают в пунктах поворота трассы: если на станции не установлены привод или натяжное устройство, то она работает автоматически, т.е. вагонетки проходят ее, не отключаясь от тягового каната.

Проходные станции устанавливают в местах сопряжения приводных участков грузовых канатных дорог большой длины, имеющих несколько приводов: вагонетки отключаются от тягового каната и движутся по рельсовому пути по инерции в сторону выключателя, который подключает их к тяговому канату другого приводного участка дороги.

Узловые станции устанавливают в местах разветвления линии грузовой канатной дороги, примыкания к ней другой дороги или пересечения нескольких дорог: стрелки рельсовых путей переводятся автоматически с пульта управления по сигналу конечных выключателей, установленных на тележках вагонеток.

Защитные сооружения. К защитным сооружениям относятся предохранительные сети (рис. 9.12) и мосты (рис.9.13), ограждающие пространство от возможного падения груза из вагонетки или самой вагонетки в случае аварии.

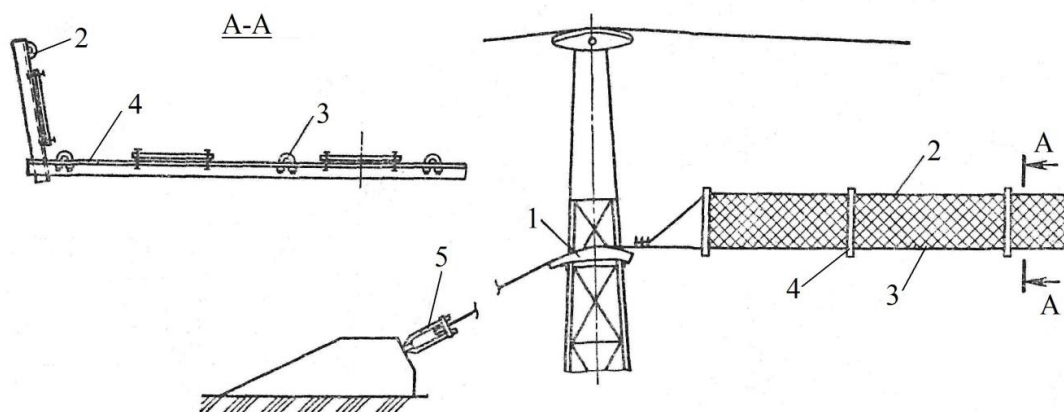


Рис. 9.12 Предохранительная сеть:

- 1 – башмак; 2 – каркас из бортовых канатов; 3 – сетевые канаты;
4 – поперечины; 5 - якорное устройство

Основными параметрами подвесных канатных дорог являются:
длина канатных дорог не ограничена, т.к. дорогу можно образовывать из многих последовательно соединяемых самостоятельных секций;
уклон трассы не более 30° ;
производительность грузовых канатных дорог достигает 600т/ч;

грузоподъемность вагонеток 2–3 т;
 скорость движения вагонеток на линии до 3,2 м/с;
 пропускная способность пассажирских подвесных канатных до-
 рог 2000–3000 чел./ч.

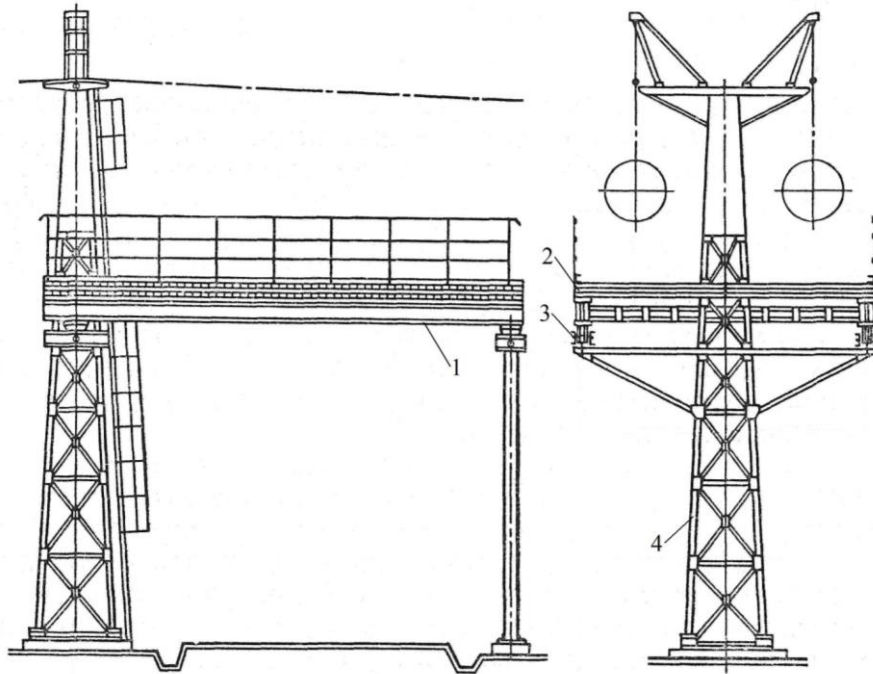


Рис. 9.13 Предохранительный мост:
 1 – пролетное строение; 2 – настил; 3 – пружинные опоры; 4 – линейная опора

Основными расчетными нагрузками подвесных канатных дорог являются:

- натяжение в сбегающей ветви тягового каната;
- натяжение в набегающей ветви тягового каната;
- силы сопротивления движению на характерных участках трассы загруженной и холостой ветвей: прямолинейных, наклонных; участках поворота на канатоведущем и обводных шкивах, на роликовой батарее и т.д.

9.4 Общий порядок расчета и конструирования подвесных канатных дорог

Основные параметры грузовых подвесных канатных дорог (часовую производительность, скорость, вместимость и полезную грузоподъемность вагонеток) определяют из расчета требуемой годовой производительности Π_r дороги [3]. Расчетная часовая производительность

$$\Pi_{\text{ч}} = \frac{\Pi_r K}{n_0 T}, \tag{9.1}$$

где K – коэффициент неравномерности работы грузовых подвесных канатных дорог; $K = 1,1$ – при одно- и двухсменной работе; $K = 1,2$ – при трех- и четырехсменной работе;

n_0 – количество дней (суток) работы дороги в году;

T – количество часов работы дороги в сутки.

Требуемая полезная грузоподъемность вагонетки

$$G = \frac{P_{\text{ч}} \tau}{3600}, \quad (9.2)$$

где τ – интервал между последовательными выпусками вагонеток на линию; $\tau \geq 18$ с – при механизированном перемещении вагонеток; $\tau \geq 12$ с – при загрузке на ходу; $\tau = 20$ – 60 с – при прочих условиях.

Вместимость вагонетки

$$i = \frac{G}{\rho \psi}, \quad (9.3)$$

где ρ – насыпная плотность груза, т/м³;

ψ – коэффициент заполнения кузова вагонетки; $\psi = 0,8$ – $1,0$

По полученным значениям G и i выбирают тип вагонетки с учетом собственной массы вагонетки, которая входит в номинальную грузоподъемность и составляет 25–35% от номинальной грузоподъемности

Расстояние между вагонетками на линии

$$\lambda = \tau v, \quad (9.4)$$

где v – скорость движения вагонетки, м/с.

С увеличением вместимости вагонеток уменьшается их количество, увеличивается интервал выпуска вагонеток на линию и облегчается механизация загрузки, но при этом возрастает диаметр несущего каната и стоимость дороги.

С повышением скорости при той же производительности увеличивается расстояние между вагонетками на линии, снижается общая нагрузка на несущий и тяговый канаты дороги.

Самым оптимальным вариантом при выборе трассы дороги при отсутствии помех для установки опор является прямолинейная трасса.

При наличии железных и автомобильных дорог, населенных пунктов, рек и каналов, линий электропередач, промышленных зданий и сооружений на пути строящейся подвесной канатной дороги рассматривают технико-

экономические показатели альтернативных вариантов (с прямой и ломаной в плане трассами) и выбирают из них оптимальный.

При большой длине дороги и необходимости нескольких приводных участков целесообразно для сокращения количества приводов увеличивать мощность приводов, прочность тягового каната, а также скорость движения (для снижения распределенной нагрузки).

Приводы смежных приводных участков целесообразно размещать на одной станции и в одном машинном помещении. Так как мощности приводов и натяжения тяговых канатов выполняются (по возможности) одинаковыми, приводные участки устанавливают с одинаковыми разностями высот h конечных точек и одинаковыми длинами пролетов L . Продольный профиль дороги может быть прямым, вогнутым и выпуклым (рис. 9.14).

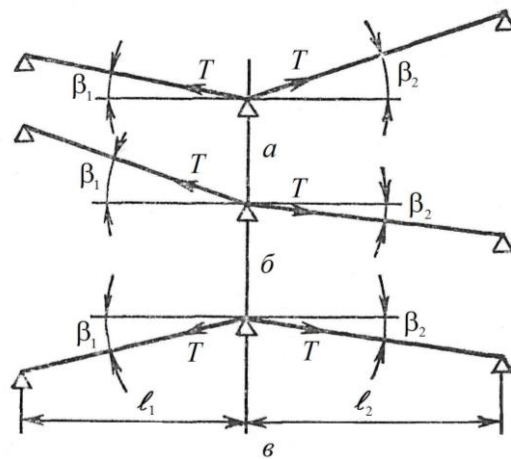


Рис. 9.14 Профили подвесной канатной дороги:
а, б – вогнутые; в – выпуклый

При построении профиля подвесной канатной дороги должны выполняться требования, регламентированные Правилами устройства и безопасной эксплуатации грузовых и пассажирских подвесных канатных дорог, которые предусматривают:

обеспечение свободного габарита под дорогой (расстояние по вертикали от низшей точки подвижного состава, а также от любого каната или предохранительного устройства дороги до земли должно быть не менее 2,5 м над незастроенными территориями и не менее 4,5 м – над территориями промышленных предприятий, строительных площадок и автомобильными дорогами; над зданиями и сооружениями оно должно быть не менее 1 м);

обеспечение габаритов приближения вагонеток на линии с учетом 20%-го бокового качания (не менее 1 м к сооружениям и естественным препятствиям; не менее 2 м – в местах прохода людей и не менее 0,5 м – между габаритами встречных вагонеток);

надежность прилегания несущих канатов к опорным башмакам на выпуклых участках профиля с коэффициентом запаса;

плавность профиля дороги, обеспечиваемая таким размещением опор на выпуклых участках трассы, при котором углы δ перегиба несущего каната (рис. 9.15), возрастающие на выпуклых участках при подходе вагонетки к опоре, примерно одинаковы, а $\text{tg}\delta \leq 0,08$;

равномерность нагрузки привода, достигаемая расстановкой опор, при которой на подходе к ним (места трассы, где углы подъема максимальны) одновременно находится не более 25% общего количества вагонеток всей линии.

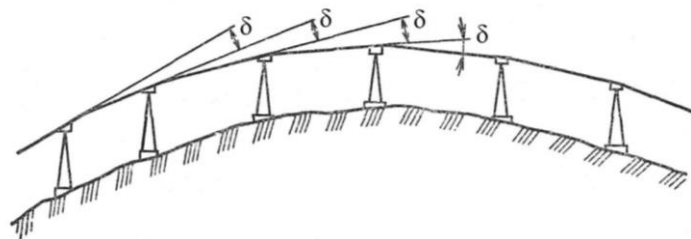


Рис. 9.15 Выпуклый участок профиля подвесной канатной дороги

На равнинной местности опоры располагают на равном расстоянии друг от друга с пролетом $\ell = 80\text{--}150$ м, а при дорогостоящих основаниях под опоры пролеты увеличивают до 200–300 м. Опоры у станций располагают на расстоянии 40–60 м от них. Высота опор составляет 8–12 м с обязательным соблюдением требований свободного габарита над дорогой.

Колею дороги принимают 3 и 4 м, для дорог малой длины – 6 м (по диаметру обводного шкива). После выбора колеи выполняют проверку проходимости вагонеток в самом длинном пролете дороги с учетом раскачивания при действии ветра.

Угол отклонения вагонеток от вертикали [3]

$$\text{tg}\varphi = \frac{kFa + k_1 d \lambda e}{(m b + q_0 \lambda e)g} W, \quad (9.5)$$

где $k = 1,4$ и $k_1 = 1,2$ – аэродинамические коэффициенты для вагонеток и для каната соответственно;

F – площадь боковой подветренной поверхности вагонетки, м^2 ;

a – расстояние по вертикали от точки приложения ветровой нагрузки к вагонетке до верха каната, м;

d_T – диаметр тягового каната, м;

λ – расстояние между вагонетками, м;

e – расстояние от верха несущего каната до оси тягового каната, м;

m_B – масса вагонетки, кг;
 b – расстояние по вертикали от точки подвеса вагонетки до тягового каната, м;
 q_0 – масса 1 м тягового каната, кг/м.

Тяговый расчет. Тяговый расчет канатной дороги с фрикционным приводом выполняют методом обхода по контуру (рис. 9.16) [3].

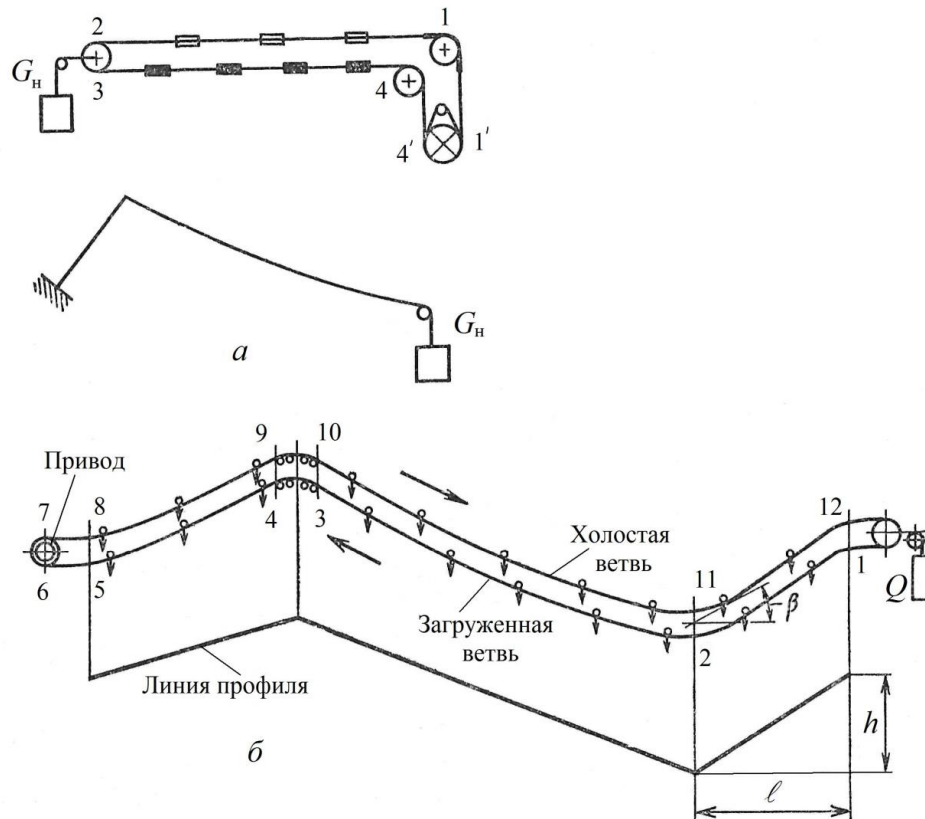


Рис. 9.16 Схемы для тягового расчета канатной дороги

Натяжения тягового каната в характерных точках трассы дороги:

$$S_1 = S_{сб};$$

$$S_2 = S_1 + W_{1-2};$$

$$S_3 = K S_2 = K (S_1 + W_{1-2});$$

$$S_4 = S_{нб} = W_{3-4} = K (S_1 + W_{1-2}) + W_{3-4}$$

где $K = 1,05-1,1$ – коэффициент, учитывающий сопротивление на натяжном шкиве;

W_{1-2}, W_{3-4} – силы сопротивления на участках 1–2, 3–4.

В соответствии с уравнением Эйлера $S_4 = S_{нб} = S_{сб} e^{\mu\alpha} = S_1 e^{\mu\alpha}$,

где μ – коэффициент сцепления каната со шкивом;

α – угол обхвата канатом шкива, рад;

e – основание натурального логарифма.

Мощность привода

$$P = \frac{k U v}{1000 \eta}, \quad (9.6)$$

где U – тяговое усилие на канатоведущем шкиве, Н;

$\eta = 0,85-0,9$ – КПД привода.

Диаметр тягового каната принимают по его максимальному натяжению при установившемся движении с учетом запаса прочности, который согласно Правил Ростехнадзора принимается не менее 4,5.

Несущий канат кроме растяжения испытывает значительные напряжения от изгиба и смятия в зоне контакта с колесами вагонеток, поэтому несущий канат рассчитывают на прочность по растягивающему усилию и на долговечность с учетом значения и частоты действия нагрузок от колес вагонеток.

При нормативном запасе прочности каната $n \geq 2,8$ для грузовых дорог и $n \geq 3,3$ для пассажирских разрывное усилие каната

$$T_{\text{разр}} > T_{\text{max}} n. \quad (9.7)$$

По этому усилию по каталогу выбирают диаметр каната.

Контрольные вопросы

1. Назначение, общее устройство и классификация подвесных канатных дорог.
2. Устройство и основные разновидности грузовых подвесных канатных дорог.
3. Классификация, устройство и разновидности пассажирских подвесных канатных дорог.
4. Основные параметры грузовых и пассажирских канатных дорог.
5. Основные элементы и оборудование канатных дорог.
6. Конструктивные особенности приводов канатных дорог.
7. Общий порядок расчета и проектирования канатных дорог.

ЛЕКЦИЯ 10. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

План лекции

10.1 Использование машин непрерывного транспорта в современных транспортно-технологических системах и комплексах. Основные направления развития отрасли.

10.2 Перспективы повышения надежности и безопасности эксплуатации, улучшения технологических, экологических и эргономических показателей качества машин непрерывного транспорта.

10.1 Использование машин непрерывного транспорта в современных транспортно-технологических системах и комплексах. Основные направления развития отрасли

На современных отечественных и зарубежных предприятиях различных отраслей промышленности для комплексной механизации и автоматизации транспортных, погрузочно-разгрузочных и складских операций широко используют системы из нескольких транспортирующих машин и устройств, работающих совместно с технологическим оборудованием.

Функционирование таких транспортно-технологических систем и комплексов происходит в автоматическом режиме, участие человека заключается в установлении необходимой программы для работы комплекса, в обеспечении настройки приборов управления, контроле их работы, проведении планово-предупредительных ремонтов приборов и оборудования.

Автоматизация производственных процессов с использованием машин непрерывного действия позволяет значительно увеличить экономический эффект за счет обеспечения рациональных режимов работы всех узлов конвейеров, сокращения времени пуска и остановки конвейерной линии, снижения расхода электроэнергии и простоев оборудования.

Для вновь проектируемых и действующих транспортных систем существуют некоторые характерные особенности, определяющие их функциональные параметры:

- высокая экономическая эффективность;
- необходимая пропускная способность;
- высококачественный уровень перемещения грузов;
- безопасные условия реализации производственных процессов;
- надежность используемых технических средств.

В каждой системе определенной сложности можно выделить в виде ответствующих подсистем технологические транспортные элементы, которые включают в себя разнообразные линии технологических маршрутов, т. е. линии связи между технологическими звеньями: участки перемещения грузов, аккумулирующие и перегрузочные бункеры, дробильные комплексы, подъемные установки. Таким образом, путь доставки грузов представляет собой цепь взаимосвязанных транспортных процессов (элементарных грузопотоков) реализуемых поэтапно.

Интенсивность грузопотоков является определяющим фактором для достижения заданной производительности транспортно-технологического комплекса в целом. Анализ количественных и качественных характеристик грузопотоков показывает определенные закономерности их формирования.

На основе анализа грузопотоков и операций формируются основные эксплуатационные требования к техническим средствам, выстраивается структурная схема технологии транспортных и погрузочно-разгрузочных работ.

Основными критериями, определяющими выбор средств механизации, являются:

- производственно-технические условия;
- выполнение правил и норм техники безопасности и охраны труда;
- минимальная стоимость выполняемых работ;
- увеличение производительности труда.

Ритмичность и качество выполняемых транспортных услуг определяют стабильность и эффективность функционирования предприятия в целом. Современные компании, специализирующиеся на выпуске конвейеров и конвейерных систем, при проектировании учитывают рельеф местности и требования заказчика и снабжают такие системы устройствами непрерывного электронного слежения, которые автоматически передают на управляющие устройства команды об операционных отклонениях в работе системы и обеспечивают ее немедленную остановку в случае неполадки.

Пуск системы конвейеров производят в последовательности, обратной движению груза: первым запускают последний конвейер системы, затем автоматически включается расположенный перед ним конвейер и последним – первый конвейер системы, чтобы обеспечить подачу груза без завалов на уже работающую машину. Останавливают систему конвейеров в обратном порядке. С помощью приборов автоматики осуществляется автоматический контроль за работой основных узлов для предотвращения аварийных ситуаций путем отключения всей линии или ее части.

10.2 Перспективы повышения надежности и безопасности эксплуатации, улучшения технологических, экологических и эргономических показателей качества машин непрерывного транспорта

Для автоматической работы транспортирующей машины или транспортно-технологического комплекса недостаточно установить необходимые приборы автоматического управления, очень важно обеспечить длительную непрерывную работу каждого элемента системы при минимальном количестве обслуживающего персонала. Для выполнения этого условия имеется целый ряд вспомогательных автоматических устройств, контролирующих надежность работы конвейерного транспорта.

Современные высоконадежные транспортно-технологические комплексы проектируют с независимым взаимодействием его отдельных элементов, что обеспечивает бесперебойную эксплуатацию основной линии при выходе из строя одного из конвейеров.

Для повышения надежности машин непрерывного транспорта необходимо решить комплекс различных задач, включающих создание новых материалов с высококачественными эксплуатационными характеристиками, современных прогрессивных технологий изготовления, сборки, контроля и регулировки транспортирующих машин, совершенствование методов расчета и проектирования конвейеров, повышение надежности их элементов и средств автоматизации.

Для обеспечения заданных эксплуатационных характеристик конвейерных систем необходим их текущий контроль – поток данных, сопровождающих работу узлов всего транспортно-технологического комплекса. Данные включают в себя технологические параметры функционирования и эксплуатационные характеристики для текущего контроля и прогноза работоспособности комплекса.

Основой системы контроля являются первичные датчики сбора информации, устройства передачи данных и алгоритмы их обработки, которые учитывают как исходные технические параметры, так и параметры, связанные с износом или отказом оборудования и влияют на надежность системы в целом. Технические средства контроля и автоматического управления обеспечивают равномерный грузопоток, стабильный ритм и высокую производительность на всем протяжении транспортирования.

Основные типы машин непрерывного транспорта в настоящее время унифицированы и комплектуются укрупненными узлами с учетом требований заказчика, эргономических показателей и конкретных условий эксплуатации. Развитие современных машин непрерывного транспорта, конвейерных и транспортно-технологических систем происходит в направлении универсальности, энергосбережения, снижения материалоемкости и затрат на обслуживание, обеспечения экологических требований.