

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МАШИНАХ НЕПРЕРЫВНОГО ТРАНСПОРТА

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 рабочее и обратное 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.

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

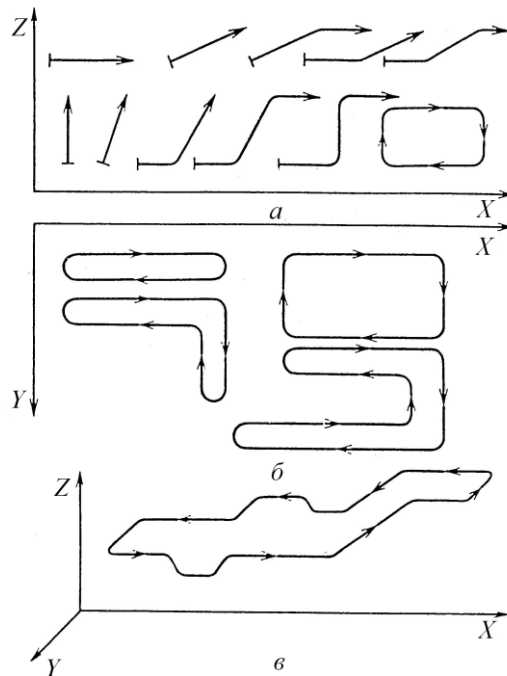


Рис. 1.2. Схемы трасс перемещения грузов транспортирующими машинами: *a* – вертикально замкнутая; *б* – горизонтально замкнутая; *в* – пространственная

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]

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

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

где $t_{п.с}$ и $t_{п.г}$ – плановое время работы конвейера в сутки и в год;
 t_c и t_g – календарное время (количество часов в сутки и в год).

Расчетный коэффициент фактического использования конвейера по времени K_v

$$K_v = t_m / t_p \leq 1, \quad (1.3)$$

где t_m – время фактической (машинной) работы конвейера, час;
 t_p – заданное плановое время работы конвейера, час.

В зависимости от значений коэффициентов $K_{в.с}$, $K_{в.г}$, K_v 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:

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

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

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

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 Две смены Три смены	В2 В3 В4	Л, С С, Т Т, ВТ	Конвейеры всех видов, непрерывно работающие (в заданное время) на предприятиях различных отраслей промышленности
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:

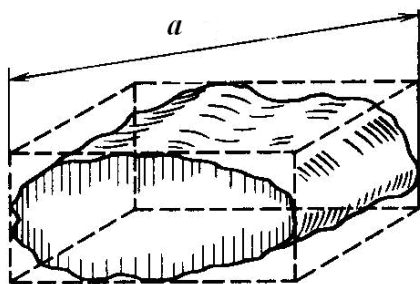


Рис. 1.3. Расчетный размер частиц насыпного груза

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

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. Различа-

ют углы естественного откоса груза в покое φ_0 и в движении φ (рис. 1.4), $\varphi \approx 0,35\varphi_0$.

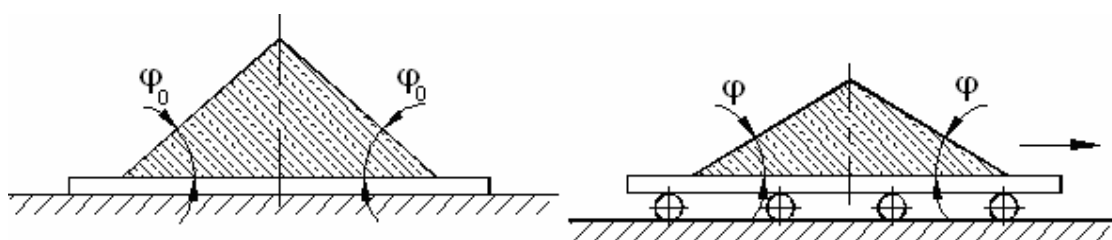


Рис. 1.4. Расположение насыпного груза:
а – в покое; б – в движении

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) прилипать к твердым телам (особенно во влажном состоянии).

Штучные грузы классифицируют на непосредственно штучные (единичные изделия, детали, узлы машин) и тарные (ящики, бочки, мешки, кон-

тейнеры). Штучные грузы характеризуются габаритными размерами, формой, массой одного изделия, хрупкостью, температурой и др.