

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6 ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИЙ И ПРИНЦИПА РАБОТЫ КОНВЕЙЕРОВ

Цель работы: ознакомится с устройством и принципом работы ленточных конвейеров; изучить устройство и принцип работы приводного рольганга и винтового конвейера; определить скорости движения грузов и производительность конвейеров.

Приборы и инструменты: секундомер, штангенциркуль.

Подготовка к выполнению лабораторной работы: ознакомится с теоретическим материалом по конвейерам [5, с. 355–444].

Общие сведения

Транспортирующими машинами непрерывного действия называют такие, которые могут осуществлять непрерывное перемещение насыпных грузов потоком, а штучных и тарных – с определенными интервалами на большие расстояния или в пределах участка, цеха, завода.

В промышленности механические транспортирующие машины используют:

– для выполнения переместительных операций с различными производственными грузами (песком, щепой, заготовками, плитами, готовыми изделиями);

– осуществления технологических операций в составе специального оборудования;

– погрузки и выгрузки сырья из автомобилей, вагонов сырья, полуфабрикатов и готовых изделий.

Механические транспортирующие машины непрерывного действия делятся на три группы: машины с тяговым органом, машины без тягового органа и гравитационные устройства.

В первой группе в качестве тяговых органов могут быть лента, канат, цепь. Конструктивной основой здесь является замкнутый контур, образованный гибким тяговым органом, осуществляющий от привода машины постоянную и повторяемую траекторию движения всех точек контура конвейера.

На основе этих гибких тяговых органов функционируют ленточные, канатные, цепные (подвесные, пластинчатые, скребковые, лотковые, ковшовые и др.) конвейеры.

В машинах второй группы непрерывность движения груза обеспечивается за счет винтов, роликов или вибрирующих элементов. На этой основе созданы винтовые, роликовые и инерционные конвейеры.

В машинах третьей группы движение осуществляется за счет силы тяжести массы транспортируемого груза. На этом принципе функционируют различные виды гравитационных транспортирующих устройств: простые, роликовые и вертикальные спуски, лотки, питатели и т. д.

Производительность транспортирующей машины в зависимости от вида груза и принятой формы учета может быть определена по массе, объему или в штуках.

Насыпные грузы характеризуются плотностью насыпной массы, гранулометрическим составом, влажностью, абразивностью, агрессивностью, коэффициентом трения скольжения и углом естественного откоса. Сыпучие грузы поступают на конвейер непрерывно, а штучные и тарные – через равные или неравные промежутки времени и укладываются на грузонесущий орган на расстоянии друг от друга в зависимости от ритма поступления.

Часовая производительность машины по массе перемещаемого груза в час рассчитывается по формуле

$$\Pi_m = 3600 q V, \quad (6.1)$$

где q – средняя погонная масса груза, перемещаемого грузонесущим органом, кг/м; V – скорость грузонесущего органа, м/с.

Объемная производительность определяется по следующей формуле:

$$\Pi_{об} = 3600A V, [m^3/c], \quad (6.2)$$

где A – площадь сечения сплошного слоя насыпного материала, расположенного на грузонесущем органе, м².

Производительность по массе находится из выражения

$$\Pi_m = 3600A V \gamma_m, \quad (6.3)$$

где γ_m – насыпная масса груза, кг/м³.

Ленточные конвейеры являются наиболее распространенными типами транспортирующих машин непрерывного действия во всех отраслях промышленности.

В общем случае они состоят (рис. 6.1) из ведущего 4 и ведомого 5 барабанов, грузонесущей ленты 1, роlikоопор 2 на рабочей ветви ленты, где транспортируется груз, роlikоопор 3 на холостой ветви; отклоняющего барабана 7, натяжного устройства 6; загрузочного и разгрузочного 9 устройства и устройства очистки ленты 8.

Ведущий барабан перемещает ленту за счет силы трения, которая создается с помощью натяжения ленты, т. е. условие работоспособности наступает, когда $F_{тр} > F_{сопр}$, где $F_{тр}$ – сила трения между барабанами и лентой; $F_{сопр}$ – силы сопротивления движению ленты с грузом.

По конструкции и назначению различают ленточные конвейеры общего назначения (ГОСТ 22644, ГОСТ 22647) и специальные. Они могут быть стационарные, передвижные, по расположению горизонтальные, наклонные или по смешанной схеме – горизонтальные с одним или несколькими наклонными участками. По назначению они могут быть транспортирующими – только для перемещения грузов, транспортно-технологическими – когда совмещаются операции по транспортированию с технологическими (сборочные, отделочные и др.), и технологических ленточных конвейеров, например в производстве плит.

Основными преимуществами ленточных конвейеров является: высокая производительность, небольшие энергозатраты на перемещение груза, простота конструкции, высокая надежность, удобство в эксплуатации. К недостаткам можно отнести сложность поворота груза в горизонтальной плоскости, ограничение угла подъема груза, сложность транспортирования горячих, вредных и пылящих грузов.

Насыпные материалы загружаются на ленту конвейера непосредственно (рис. 6.1, а) или через загрузочный лоток (рис. 6.1, б). Перемещаемый груз поступает на рабочую ветвь ленты 1, которая может иметь желобчатую (рис. 6.2, а) или плоскую (рис. 6.2, б) форму. В некоторых конструкциях опорных роликoв нет, и лента скользит по плоскому настилу. Лента является одновременно тяговым и грузонесущим органом машины.

Производительность ленточного конвейера рассчитывается по формуле (6.1).

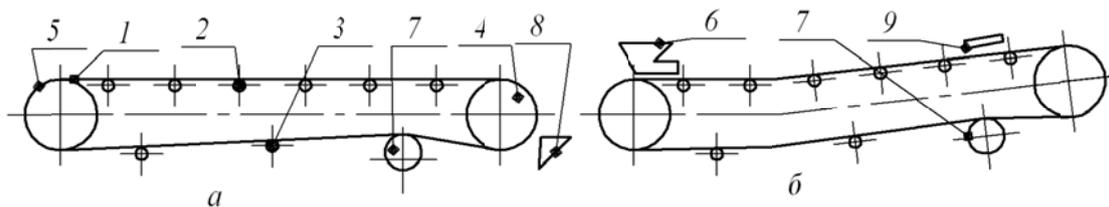


Рис. 6.1. Ленточный конвейер:

a – горизонтальный; *б* – наклонный; 1 – лента; 2 – поддерживающий ролик рабочей ветви; 3 – поддерживающий ролик холостой ветви; 4 – приводной барабан; 5 – натяжной барабан; 6 – загрузочная воронка; 7 – отжимной барабан; 8 – скребок; 9 – скребок

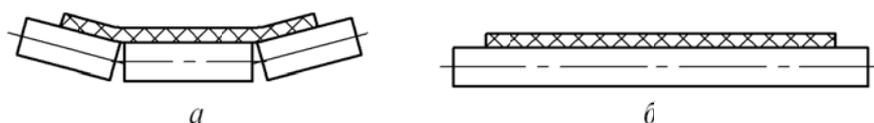


Рис. 6.2. Схемы опор:
a – желобчатой; *б* – прямой

Ленты. По типу ленты конвейеры бывают с прорезиненной, стальной цельнопрокатной и проволочной лентой. Наибольшее применение в качестве тяговых и несущих органов конвейеров получили резиноканевые ленты (ГОСТ 20-76). Эта лента (рис. 6.3, *a*, *б*) состоит из нескольких слоев (прокладок) хлопчатобумажной (белтинговой) ткани, соединенных натуральным или синтетическим каучуком. Наружные поверхности ленты иногда покрывают резиновыми обкладками, предохраняющими ленту от механических повреждений и действия влаги.

По характеру расположения прокладок в ленте предусматривают несколько конструкций, в том числе послойно-завернутую (рис. 6.3, *a*) и нарезную (рис. 6.3, *б*) конструкции. Прокладки изготавливают из обычного хлопка (белтинг Б), нейлона, лавсана, стекловолокна, капрона и др. Применяют цельнотканевые прорезиненные ленты, обладающие повышенной прочностью и не поддающиеся расслаиванию, а также ленты с кордшнуровым каркасом, резиновые ленты с каркасом из стальной сетки или стальных тросов (рис. 6.3, *г*), ленты с рифленой рабочей поверхностью (рис. 6.3, *в*), ленты с отогнутыми бортами.

Гладкие ленты используют при угле наклона конвейера к горизонту до 20° , рифленые – до 25° , с перегородками высотой до 200 мм – 30° . Ленты выпускаются шириной от 300 до 2000 мм. Прорезинен-

ные ленты обычного качества могут работать в диапазоне температур от -25 до 50°C . При других температурах применяют специальные ленты.

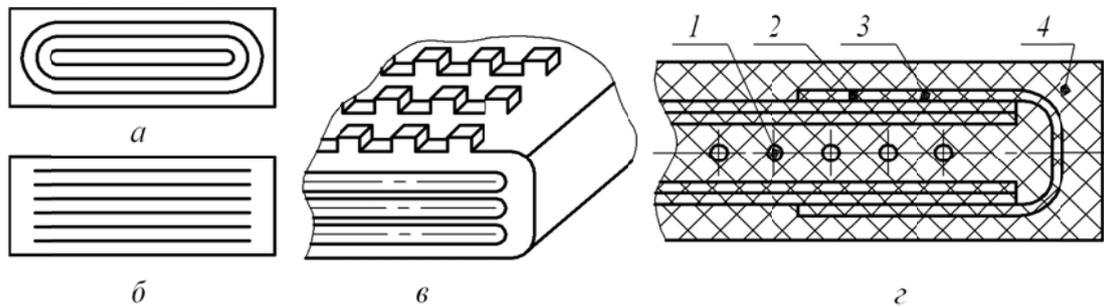


Рис. 6.3 Типы лент:

a – резинотканевая послойно-завернутая с гладкой рабочей поверхностью; *б* – резинотканевая нарезная с гладкой рабочей поверхностью; *в* – резинотканевая нарезная с рифленой рабочей поверхностью; *г* – резиноканатная с тканевым чехлом: 1 – канат стальной; 2 – прокладка кордовая продольная; 3 – прокладки кордовые продольно-бортовые; 4 – резина

Ширина ленты определяется в зависимости от формы роlikоопоры по следующим формулам:

– для плоской

$$B = \sqrt{\frac{\Pi_{\text{м}}}{576V\gamma_{\text{м}} \operatorname{tg}\left(\frac{\varphi}{2}\right)}}; \quad (6.4)$$

– для желобчатой

$$B = \sqrt{\frac{\Pi_{\text{м}}}{160V\gamma_{\text{м}} \left(3,6 \operatorname{tg}\left(\frac{\varphi}{2}\right) + 1\right)}}; \quad (6.5)$$

где $\Pi_{\text{м}}$ – производительность конвейера, кг/ч, рассчитываемая по формуле (6.3); V – скорость движения ленты, м/с; $\gamma_{\text{м}}$ – насыпная плотность транспортируемого груза, $\text{кг}/\text{м}^3$; φ – угол естественного откоса материала в движении, град.

Бараны и роlikоопоры. Бараны ленточных конвейеров выбирают в зависимости от числа прокладок и типа ленты.

Диаметр барабана вычисляется по формуле

$$D_{\text{б}} = i c_0, \quad (6.6)$$

где i – число прокладок в ленте; c_0 – коэффициент, зависящий от типа ленты.

Полученное значение диаметра округляется до стандартного значения по ГОСТ 10624. Диаметр натяжного барабана $D_n \approx 0,8D_б$.

Для обеспечения устойчивого положения ленты приводные и натяжные барабаны делают бочкообразными. Однако в этом случае наблюдается неравномерность нагружения ленты по ширине.

Для поддержания ленты от провисания во время движения служат роликовые опоры. Они могут быть прямые (рис. 6.4, а), трехроликовые желобчатые (рис. 6.4, б), с устройствами против бокового смещения ленты (рис. 6.4, в).

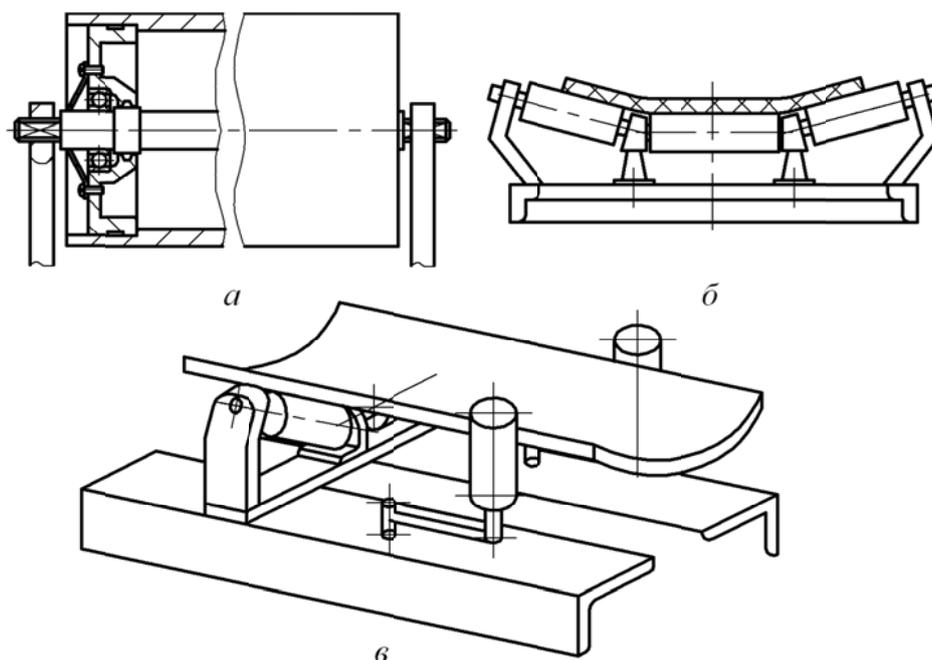


Рис. 6.4. Опоры лент:

а – прямая роликовая опора; б – желобчатая трехроликовая; в – трехроликовая опора и центрирующее устройство

Натяжные устройства предназначены для создания в ветвях ленты натяжений, которые обеспечивают требуемую силу трения, достаточную для передачи окружной силы. Они могут быть винтовые (рис. 6.5, а, б), пружинные (рис. 6.5, в) и грузовые (рис. 6.5, г, д). Первые требуют периодического подтягивания ленты винтом. Они могут быть с тянущим (рис. 6.5, а) и толкающим винтом (рис. 6.5, б). Пружинные и грузовые натяжные устройства относятся к автоматическим, обеспечивающим постоянное по величине натяжение ленты.

Грузовые натяжные устройства работают за счет подвижных опор натяжного барабана (рис. 6.5, *з*) или могут быть с отклоняющим барабаном (рис. 6.5, *д*).

Кроме перечисленных устройств, ленточные конвейеры могут быть оснащены различными приборами управления и учета (взвешивающими, указателями скорости движения ленты, датчиками уровня слоя транспортируемого материала и др.), различного рода приспособлениями для очистки ленты (скребками-ножами, спиральными резиновыми роликами, вращающимися щетками и т. д.).

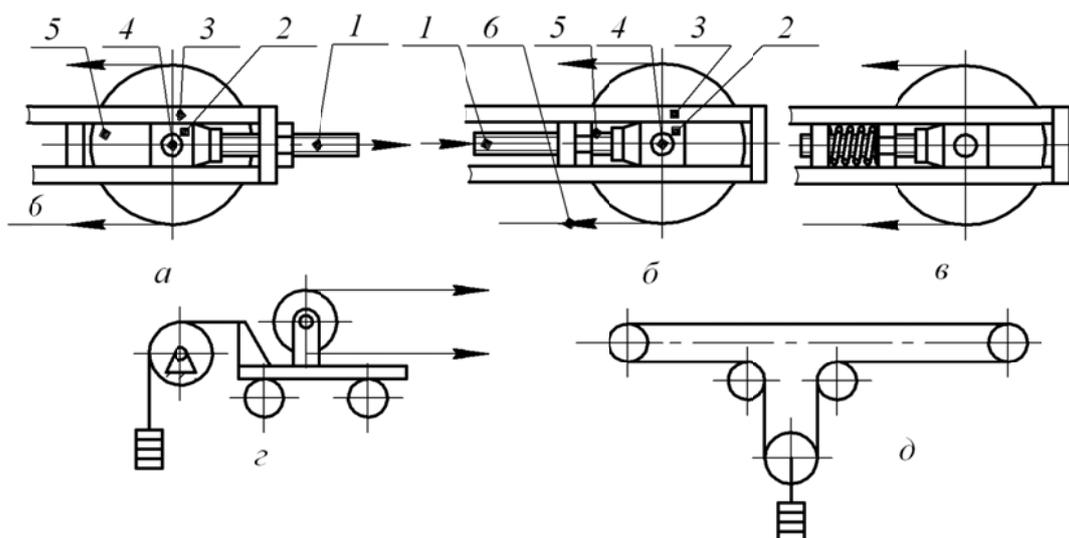


Рис. 6.5. Натяжные устройства:

- а, б* – винтовые натяжные устройства: 1 – винт; 2 – бобышка; 3 – рама; 4 – ось; 5 – барабан; 6 – лента;
в – пружинное устройство; *з* – натяжное устройство с подвижной рамкой;
д – грузовое устройство

В **роликовых конвейерах** перемещение груза осуществляется перекатыванием его по стационарно установленным роликам. Эти конвейеры могут быть неприводными (рис. 6.6, *б, в, д*), когда движущей силой является мускульная энергия рабочего, сообщаемого грузу импульс для перемещения (при горизонтальных конвейерах), или составляющая собственной массы (при наклонных гравитационных устройствах) (рис. 6.6, *д, е*), и приводными (рис. 6.6, *з*), в которых перемещение груза осуществляется за счет сил сцепления, возникающих между грузом и вращающимся приводным роликом (рис. 6.6, *к, л*).

Наиболее часто применяются роликовые конвейеры с приводными роликами. Условие работоспособности конвейера наступает, ко-

гда $F_{\text{тр}} > F_{\text{сопр}}$, где $F_{\text{тр}}$ – сила трения между роликом и перемещаемым грузом; $F_{\text{сопр}}$ – сила сопротивления движению груза. Данные конвейеры без использования дополнительных устройств, только за счет размещения роликов, выбора их диаметров и формы, позволяют производить саморазгрузку (рис. 6.6, л), ускорять движение в горизонтальной плоскости (рис. 6.6, е, и), могут образовывать прикладные системы с одного потока на другой (рис. 6.6, е, ж, з, и).

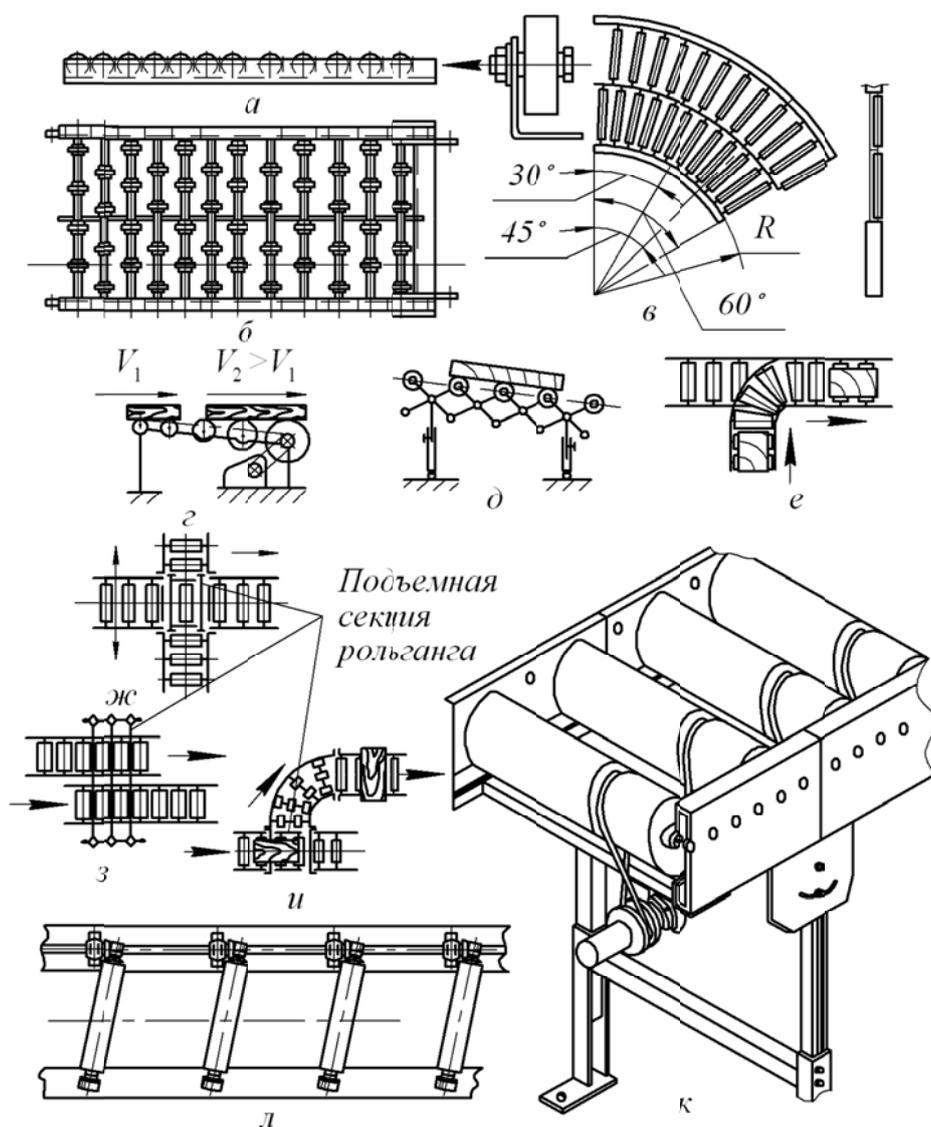


Рис. 6.6. Виды роликовых конвейеров:
 а – горизонтальный; б – дисковый; в – поворотная секция; г – разгонная;
 д, е – наклонный; ж, з, и – деления на потоки; л – способ привода ролика

Штучная производительность роликового конвейера рассчиты-

вается по формуле

$$\Pi_{\text{шт}} = 3600 \frac{V}{a_{\text{м}}} . \quad (6.7)$$

Производительность по массе находится из следующего выражения:

$$\Pi_{\text{м}} = 3600 \frac{V}{a_{\text{м}}} G_0 , \quad (6.8)$$

где V – скорость перемещения, м/с; $a_{\text{м}}$ – расстояние между штучными или тарными грузами по длине, м; G_0 – масса единичного груза, кг.

Неприводные роликовые секции устанавливают на транспортно-технологических позициях с небольшим уклоном в грузовом направлении (до 3°), что облегчает перемещение груза. Обычно ролики монтируют на подшипниках качения.

В приводных роликовых конвейерах ролики приводятся во вращение от индивидуального электродвигателя при транспортировании тяжелых грузов, а при транспортировании небольших грузов – от общего вала с зубчатыми коническими передачами (рис. 6.6, л), клиновым приводом (рис. 6.6, к), цепной и канатной тягой.

Винтовой конвейер (рис. 6.7) состоит из опор 4, винта 1, который вращается в желобе 2 и установлен в подшипниках 3, загрузочного 6 и разгрузочного 7 люков, привода 5.

Перемещение груза осуществляется с помощью винта, который сообщает при своем вращении поступательное движение грузу, соприкасающемуся с его винтовой поверхностью. Винт может быть погруженным частично или полностью в желобе для перемещения насыпных материалов и получать поступательное перемещение. Создается винтовая пара, где роль гайки выполняет перемещаемый груз. Условие перемещения груза $F_{\text{тр.ж}} > F_{\text{тр.в}}$, где $F_{\text{тр.ж}}$ – сила трения между грузом и стенками желоба; $F_{\text{тр.в}}$ – сила трения между грузом и витками винта.

Винтовые конвейеры могут быть закрытого или открытого типа, горизонтальные, наклонные и вертикальные. Наибольшее применение получили закрытые горизонтальные и наклонные конвейеры.

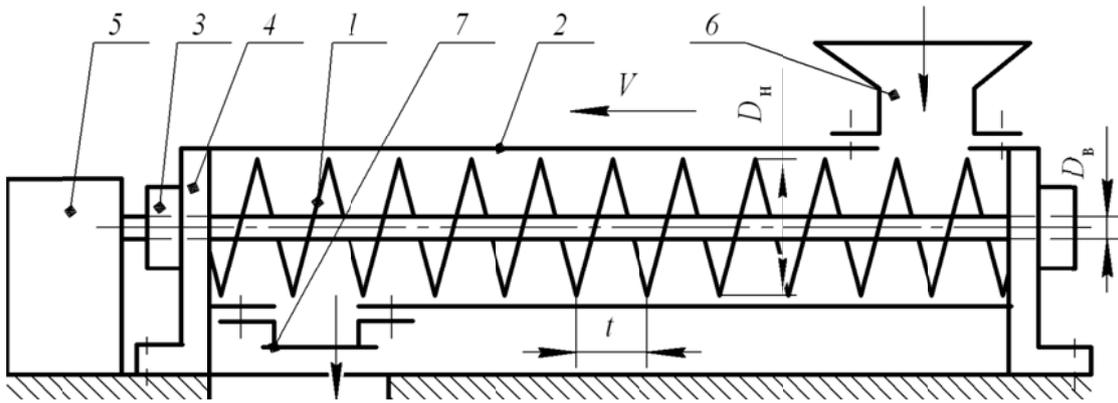


Рис. 6.7. Винтовой конвейер:

1 – винт; 2 – желоб; 3 – опора вала винта; 4 – опора; 5 – привод;
6 – воронка загрузочная; 7 – воронка разгрузочная

Винтовые конвейеры просты в изготовлении, имеют мало вращающихся частей и при необходимости могут быть сделаны герметичными, что особенно ценно при транспортировании пылевидных материалов. Они позволяют осуществлять загрузку и разгрузку в любом необходимом месте по длине конвейера, совмещение операций (транспортирование и перемешивание), дозировку груза. Существенными недостатками винтовых конвейеров являются крошение хрупких материалов, невозможность транспортирования липких материалов, небольшая длина и только прямая трасса, большой расход энергии вследствие значительных сопротивлений при перемещении сыпучих грузов, что вызывает повышенное истирание трущихся поверхностей элементов конвейера.

Производительность винтового конвейера определяется по следующим формулам:

1. горизонтального:

– объемная

$$\Pi_{\Gamma} = \frac{60\pi(D_{\text{н}}^2 - D_{\text{вн}}^2)}{4} t n \psi = 47,1(D_{\text{н}}^2 - D_{\text{вн}}^2) t n \psi; \quad (6.9)$$

– по массе

$$\Pi_{\Gamma} = 47,1(D_{\text{н}}^2 - D_{\text{вн}}^2) t n \psi \gamma_{\text{м}}; \quad (6.10)$$

2. наклонного

$$\Pi_{\text{н}} = \Pi_{\Gamma} C; \quad (6.11)$$

3. вертикального

$$P_B = 0,5P_T, \quad (6.12)$$

где D_n – наружный диаметр винта, м; $D_{вн}$ – внутренний диаметр винта, м; t – шаг винта, м; n – частота вращения винта, мин^{-1} (табл. 6.8); ψ – коэффициент заполнения желоба (табл. 6.1); γ_m – плотность транспортируемого материала, кг/м^3 ; C – коэффициент уменьшения производительности наклонного конвейера (табл. 6.2).

Таблица 6.1

Значение частоты вращения винта и коэффициента заполнения желоба

Параметр	Материал		
	легкий неабразивный	тяжелый неабразивный	тяжелый абразивный
Частота вращения n , мин^{-1}	$n = \frac{60}{\sqrt{D}}$	$n = \frac{45}{\sqrt{D}}$	$n = \frac{30}{\sqrt{D}}$
Коэффициент заполнения желоба ψ	0,4	0,25	0,125

Таблица 6.2

Значение коэффициента C

Угол наклона α , град.	5	10	25	30
Коэффициент уменьшения производительности C	0,9	0,8	0,7	0,65

Порядок выполнения работы

1. Составить кинематическую схему ленточного конвейера.
2. По согласованию с преподавателем выбрать транспортируемый материал.
3. Определить скорость движения ленты. Для этого отметить на ленте конвейера две метки на расстоянии $L = 1$ м и напротив первой метки на ленте поставить метку на раме конвейера. С помощью секундомера измерить время t , за которое совместится вторая метка на ленте с меткой на раме. Найти скорость движения ленты по формуле

$$V = \frac{L}{t}, \quad (6.13)$$

где t – время прохождения лентой данного расстояния, с.

Опыт провести дважды.

4. Измерить ширину ленты B , м.

5. Определить часовую производительность ленточного конвейера по формуле (6.3), где A – площадь транспортируемого материала, m^2 , определяемая по формуле для плоской роlikоопоры

$$A = \frac{0,64B^2 \operatorname{tg}\left(\frac{\varphi}{2}\right)}{4}, \quad (6.14)$$

где φ – угол естественного откоса материала в движении (табл. 6.3).

Таблица 6.3

Характеристика свойств насыпных грузов

Наименование груза	Насыпная плотность ρ , кг/м ³	Угол естественного откоса φ , град.	
		в покое	в движении
Бетон	1800–2200	45	27
Глина мокрая	1900–2000	30	25
Известь гашеная	320–810	30–50	15–25
Камень	1800–2200	45	30
Опилки древесные	160–320	39	19
Песок сухой	1400–1650	45	30
Песок влажный	1500–1700	50	35
Торф сухой	330–400	45	32
Уголь древесный	150–220	35–50	17–25
Цемент	1000–1800	40	30
Щебень	1200–1800	45	35

6. Рассчитать требуемую тяговую силу при транспортировании груза по следующей формуле:

$$F_T = \omega L_T (q + q_k) g k_k, \quad (6.15)$$

где ω – коэффициент сопротивления (для прямой роlikоопоры на подшипниках качения, установленной в чистом помещении без пыли, $\omega = 0,018$); L_T – длина горизонтальной проекции конвейера, м; q – погонная масса груза q , кг/м, определяемая по формуле

$$q = A\rho, \quad (6.16)$$

где A – площадь поперечного сечения груза, m^2 ; ρ – насыпная плотность, кг/м³ (табл. 6.3);

q_k – погонная масса движущихся частей конвейера, кг/м ($q_k = 1,2$); g – ускорение свободного падения, равное $9,81 \text{ м/с}^2$; k_k – коэффициент, учитывающий геометрические и конструктивные особенности конвейера, вычисляемый по формуле

$$k_k = k_1 k_2 k_3 k_4 k_5, \quad (6.17)$$

где k_1 – коэффициент, учитывающий длину конвейера ($k_1 = 1,5$); k_2 – коэффициент, учитывающий профиль трассы ($k_2 = 1$); k_3 – коэффициент, учитывающий положение привода (при головном приводе $k_3 = 1$); k_4 – коэффициент, учитывающий наличие и количество z промежуточных натяжных станций ($k_4 = 1 + 0,02z$); k_5 – коэффициент, учитывающий способ разгрузки (при разгрузке через головной барабан $k_5 = 1$).

7. Определить силу натяжения в набегающей ветви по следующей формуле:

$$F_{\text{наб}} = F_{\text{т}} \frac{e^{f\alpha}}{e^{f\alpha} - 1}, \quad (6.18)$$

где e – основание натурального логарифма ($e = 2,718282$); f – коэффициент трения ленты по барабану (для пары резина–сталь $f = 0,25$); α – угол обхвата барабана лентой, рад ($\alpha = 180^\circ = 3,14159$ рад); $e^{f\alpha}$ – коэффициент Эйлера (коэффициент тяги).

8. Рассчитать силу натяжения в сбегающей ветви по формуле

$$F_{\text{сб}} = \frac{F_{\text{наб}}}{e^{f\alpha}}. \quad (6.19)$$

9. Вычислить требуемое натяжение ленты по следующей формуле:

$$F_{\text{нат}} = F_{\text{наб}} + F_{\text{сб}}. \quad (6.20)$$

10. Повторить п. 6–8 для других значений f и α . Результаты расчетов занести в табл. 6.4.

Таблица 6.4

Результаты расчета ленточного конвейера

Угол обхвата α		Коэффициент трения f	Коэффициент тяги $e^{f\alpha}$	Сила, Н		
град.	рад			$F_{\text{т}}$	$F_{\text{наб}}$	$F_{\text{сб}}$
180	3,14	0,25				
		0,30				
220		0,25				
		0,30				
260		0,25				
		0,30				

11. Составить кинематическую схему роликового конвейера.

12. Измерить длину конвейера L , м.
13. Определить скорость движения груза по формуле (6.13). Для этого положить образец на роликовый конвейер. Включить конвейер. Замерить время t , с, перемещения груза от начала до конца конвейера.
14. Рассчитать производительность роликового конвейера по формулам (6.8) и (6.9).
15. Составить кинематическую схему винтового конвейера.
16. Измерить наружный D_n , м, и внутренний $D_{вн}$, м, диаметры винта, м; шаг винта S , м, винтового конвейера.
17. вычислить производительность конвейера по формулам (6.9) и (6.10) для разных материалов по согласованию с преподавателем. Результаты расчета занести в табл. 6.5.
18. Сделать выводы по результатам работы.

Таблица 6.5

Результаты расчета винтового конвейера

Размеры, мм			Материал	Частота вращения n , мин ⁻¹	Производительность,							
					объемная, м ³ /ч			по массе, кг/ч				
t	$D_{вн}$	D_n			Π_r	Π_n	Π_b	Π_r	Π_n	Π_b		

Содержание отчета

Отчет должен содержать: название и цель работы; кинематические схемы конвейеров с приводами; результаты расчетов в виде табл. 6.4, 6.5; выводы.

Контрольные вопросы

1. Назначение конвейеров.
2. Где применяются ленточные конвейеры?
3. Какие существуют разновидности ленточных конвейеров?
4. От чего зависит тяговое усилие ленточного конвейера?
5. От чего зависит коэффициент трения между соприкасающимися поверхностями ленты и барабана?
6. Какие имеются возможные пути увеличения тяговой способности и производительности ленточных конвейеров?
- 7.

Где применяются роликовые конвейеры? 8. Какие существуют разновидности роликовых конвейеров? 9. От чего зависит производительность роликового конвейера? 10. Где используются винтовые конвейеры? 11. От чего зависит производительность винтового конвейера?