

Министерство образования и науки Российской Федерации
НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

КОНВЕЙЕРЫ

Учебно-методическое пособие

НОВОСИБИРСК
2016

УДК 621.867(075.8)
П 451

Коллектив авторов:

Ю.И. Подгорный, В.Ю. Скиба, Е.А. Зверев, Т.Г. Мартынова

Рецензенты:

д-р техн. наук, проф. *А.С. Железняков*
канд. техн. наук, доц. *А.В. Кириллов*

Работа подготовлена кафедрой проектирования технологических машин и утверждена Редакционно-издательским советом университета в качестве учебно-методического пособия для студентов МТФ всех форм обучения, направление подготовки 15.03.02 – «Технологические машины и оборудование», 15.04.05 – «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»

П 451 **Подъемно-транспортное оборудование. Конвейеры:**
учеб.-метод. пособие / Ю.И. Подгорный, В.Ю. Скиба, Е.А. Зверев, Т.Г. Мартынова. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2016. – 51 с.

ISBN 978-5-7782-3081-1

В пособии приведены общие сведения о ленточных, элеваторных и тележечных конвейерах, их узлах и элементах, алгоритм основных расчетов, а также сформулированы задания для проведения лабораторно-практических занятий и определен порядок их выполнения.

Адресовано студентам-бакалаврам для выполнения выпускных квалификационных работ, курсовых проектов и расчетно-графических заданий.

УДК 621.867(075.8)

ISBN 978-5-7782-3081-1

© Коллектив авторов, 2016
© Новосибирский государственный
технический университет, 2016

ПРЕДИСЛОВИЕ

Подъемно-транспортное оборудование (ПТО) является неотъемлемой частью любого современного производственного предприятия. Оно определяет темп производства и способствует повышению производительности труда. На автоматизированных технологических линиях в качестве ПТО чаще всего применяют различные виды конвейеров. К конвейерам предъявляется ряд требований: высокая надежность, эксплуатационная безопасность, эргономичность, удобство технологического обслуживания и ремонта и т. д. [1]. Все это в большей мере обеспечивается правильностью расчетов тех или иных параметров при проектировании [2, 3].

В данном учебно-методическом пособии приводятся общие сведения о ленточных, элеваторных и тележечных конвейерах, представлено описание основных узлов и элементов, составлен алгоритм основных расчетов [4], а также сформулированы задания для выполнения лабораторно-практических занятий и определен порядок их выполнения.

Пособие предназначено для студентов, обучающихся по направлениям 15.03.02 – «Технологические машины и оборудование», 15.03.05 – «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств».

1. ЛЕНТОЧНЫЙ КОНВЕЙЕР

1.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРАХ

Ленточные конвейеры – это наиболее распространенное, простое, надежное и дешевое средство для непрерывного транспортирования как насыпных, так и штучных грузов.

Грузонесущим и тяговым органом ленточного конвейера (рис. 1.1) служит гибкая бесконечная лента 1, движущаяся со скоростью v по поддерживающим роликам 2. Лента 1 натянута на два барабана 3 и 4, один из которых является приводным 3, а другой натяжным 4. Приводной барабан 3 получает вращение от приводной станции 5. Натяжной барабан 4 придает ленте необходимое натяжение с помощью винтового натяжного устройства 6. Все устройства смонтированы на металлоконструкции 7. Груз 8 перемещается на верхней ветви конвейера, а нижняя ветвь – холостая.

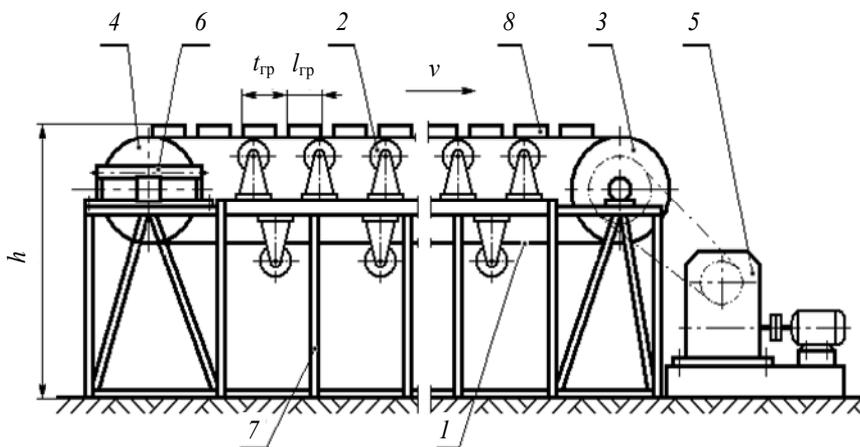


Рис. 1.1. Схема горизонтального ленточного конвейера

Схемы трасс ленточных конвейеров могут быть горизонтальными, наклонными и горизонтально-наклонными. Угол наклона ленты конвейера должен быть таким, чтобы груз устойчиво лежал на ленте.

Скорость движения ленты зависит от производительности конвейера и от свойств перемещаемого груза. При транспортировании штучных грузов скорость ленты обычно выбирают в пределах (0,2...2,0) м/с.

1.2. ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА, ИХ ВЫБОР И РАСЧЕТ

Тяговый орган

В качестве тягового органа в ленточных конвейерах используется конвейерная лента, которая служит также одновременно и грузонесущим элементом конвейера [5, 6].

Согласно ГОСТ 20–85 изготавливаются резинотканевые ленты различных типов.

Лента состоит из нескольких слоев (рис. 1.2) прокладок из прочной ткани и резиновых обкладок.

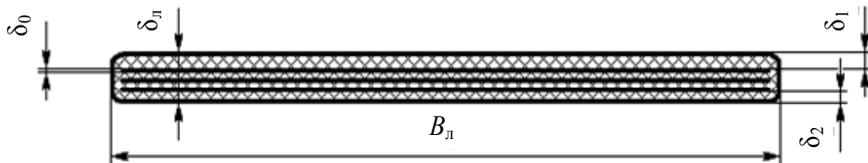


Рис. 1.2. Поперечное сечение резинотканевой ленты

В легкой промышленности наибольшее распространение получили ленты с прокладками из тканей типа БКНЛ-65, БКНЛ-100 и БКНЛ-150.

Необходимое число прокладок в ленте определяют из соотношения

$$i = \frac{S_{\max} n}{B_{\text{л}} K_P}, \quad (1.1)$$

где S_{\max} – наибольшее расчетное натяжение ленты, полученное при тяговом расчете, Н; $B_{\text{л}}$ – ширина ленты, мм; K_P – предел прочности одной прокладки, Н/мм (значение указано в марке ленты последними цифрами. Например, для БКНЛ-65), $K_P = 6,5$ Н/мм; n – коэффициент запаса прочности (принимается 9–10).

Ширина ленты $B_{л}$ (в миллиметрах) при транспортировании штучных грузов определяется по формулам:

1) при ориентированной укладке груза

$$B_{л} = b_{гр} + (100 - 200); \quad (1.2)$$

2) при свободном расположении груза

$$B_{л} = \sqrt{b_{гр}^2 + l_{гр}^2} + (100 - 200), \quad (1.3)$$

где $b_{гр}$ – ширина груза, мм; $l_{гр}$ – длина груза, мм.

По расчетной ширине выбирается стандартная ширина ленты по ГОСТ 20–85, в соответствии с которым количество прокладок в ленте зависит от ее ширины (табл. 1.1).

Т а б л и ц а 1.1

Параметры ленты

Ширина ленты $B_{л}$, мм	400	500	650	800	1000	1200
Число прокладок i	3–5		3–6		3–8	

Роликоопоры

Роликоопоры служат для поддержания груженой и холостой ветвей ленты. Тип роликоопор выбирается в зависимости от их назначения и характеристики транспортируемого груза.

При транспортировании штучных грузов применяются в основном прямые роликоопоры. Размеры роликоопор, а также вес вращающихся частей роликоопор зависят от ширины ленты. Диаметр и вес вращающихся частей прямых роликоопор приведены в табл. 1.2.

Т а б л и ц а 1.2

Параметры прямых роликоопор

Ширина ленты $B_{л}$, мм	400	500	650	800	1000	1200
Диаметр ролика d_p , мм	102	102	102	127	127	127
Вес вращающихся частей G_p, H	115	135	155	180	210	260

Приводная станция

Назначение приводной станции – сообщать конвейерной ленте движение со скоростью, обеспечивающей заданную производительность конвейера.

Приводная станция ленточного конвейера обычно комплектуется из электродвигателя, редуктора и приводного вала с приводным барабаном. В ряде случаев при малых скоростях движения ленты в состав приводной станции включаются ременные и цепные передачи.

Основными параметрами приводной станции являются мощность электродвигателя $P_{эд}$, частота вращения вала электродвигателя $n_{эд}$, частота вращения приводного барабана $n_{пб}$, передаточное число приводной станции $u_{пс}$ и диаметр приводного барабана $D_{пб}$ (мм), принимаемый в зависимости от числа прокладок ленты:

$$D_{пб} \geq (125 \dots 150)i. \quad (1.4)$$

Диаметр приводного барабана должен соответствовать ГОСТ 22644–77 и составлять 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000 мм.

Натяжная станция

Натяжная станция ленточного конвейера служит для создания первоначального натяжения ленты, обеспечивающего нормальную работу конвейера.

Натяжная станция состоит из натяжного барабана 4 и натяжного устройства $б$ (см. рис. 1.1).

Натяжные устройства бывают винтовыми и грузовыми.

В ленточных конвейерах малой и средней длины (до 60 м) применяются винтовые натяжные устройства.

Ход натяжного устройства принимается $(1 \dots 1,5)$ % от длины конвейера (но не менее 300 мм).

Диаметр натяжного барабана $D_{нб}$ (мм) принимается

$$D_{нб} = 0,8D_{пб}. \quad (1.5)$$

Диаметр натяжного барабана, так же как и приводного, должен соответствовать ГОСТ 22644–77.

1.3. ТЯГОВЫЙ РАСЧЕТ КОНВЕЙЕРА

Определение погонных нагрузок

Для проведения тягового расчета необходимо определить погонные нагрузки, т. е. нагрузки на один метр длины: от ленты $q_{л}$; от вращающихся частей роlikоопор $q_{р}$; транспортируемого груза $q_{гр}$.

1. Погонная нагрузка от резинотканевой ленты $q_{л}$ (Н/м) определяется по формуле

$$q_{л} = 10,8B_{л}(\delta_0 i + \delta_1 + \delta_2), \quad (1.6)$$

где $B_{л}$ – ширина ленты, м (определяется по формуле (1.2) или (1.3)); i – число прокладок, выбирается по табл. 1; δ_0 – толщина одной прокладки, мм ($\delta_0 = 1,25$ мм); δ_1, δ_2 – толщина обкладок соответственно на рабочей и опорной сторонах ленты, мм ($\delta_1 = \delta_2 = 1,5$ мм).

2. Погонная нагрузка (Н/м) от вращающихся частей роlikоопор:
– на рабочей ветви

$$q'_{р} = \frac{G_{р}}{l'_{р}}, \quad (1.7)$$

– на холостой ветви

$$q''_{р} = \frac{G_{р}}{l''_{р}}, \quad (1.8)$$

где $G_{р}$ – вес вращающихся роlikоопор, Н (выбирается по табл. 1.2); $l'_{р}$ и $l''_{р}$ – расстояние между роlikоопорами на рабочей и холостой ветвях соответственно, м.

Рекомендуется принимать $l'_{р} = (0,8 \dots 1,2)$ м и $l''_{р} = (1,6 \dots 2,4)$ м.

3. Погонная нагрузка от груза

$$q_{гр} = \frac{G_{гр}}{t_{гр}}, \quad (1.9)$$

где $G_{гр}$ – вес груза, Н; $t_{гр}$ – шаг расположения грузов, м.

Определение натяжений ленты в характерных точках

Расчет конвейера производится «методом обхода трассы конвейера по характерным точкам», начиная от точки с наименьшим натяжением S_{\min} .

Простейшая трасса ленточного конвейера (рис. 1.3) состоит из двух прямолинейных участков (1–2) и (3–4) и двух криволинейных участков (4–1) и (2–3). Характерными точками являются точки перехода от одного участка к другому.

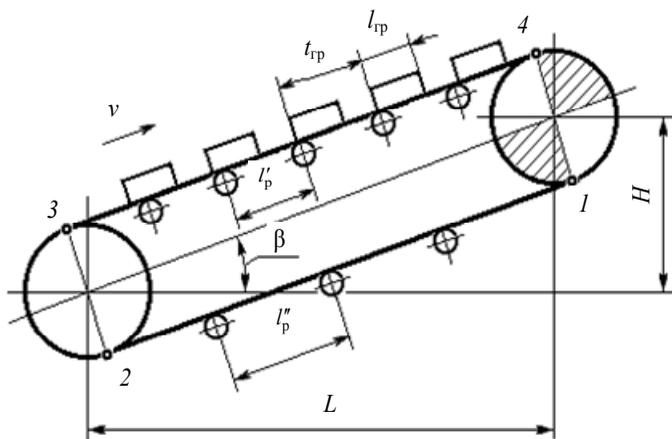


Рис. 1.3. Схема трассы ленточного конвейера

Точка с наименьшим натяжением S_{\min} располагается обычно в месте сбегания ленты с приводного барабана или в самом низком месте после приводного барабана.

Величину S_{\min} можно принимать в пределах от 500 до 750 Н. Минимальное натяжение предположительно принимается в точке 2,

$$S_2 = S_{\min}.$$

Натяжение (Н) в точке 1

$$S_1 = S_2 - W_{LH,1-2}, \quad (1.10)$$

где $W_{LH,1-2}$ — сила сопротивления движению ленты на наклонном прямолинейном участке (1–2), Н.

Сила сопротивления $W_{LH,1-2}$ (Н) движению ленты на прямолинейном наклонном участке холостой ветви определяется так:

$$W_{LH,1-2} = (q_{л} + q_{р}'')\omega L - q_{л}H, \quad (1.11)$$

где $q_{л}$ и $q_{р}''$ – погонные нагрузки соответственно от ленты и вращающихся частей роликоопор на холостой ветви, определяемые по формулам (1.6) и (1.8); L – длина горизонтальной проекции участка (1–2), м; H – высота вертикальной проекции участка (1–2), м; ω – коэффициент сопротивления роликоопор ($\omega = 0,03$).

Натяжение в точке 3

$$S_3 = S_2\omega_1, \quad (1.12)$$

где ω_1 – коэффициент сопротивления движению при огибании лентой барабана ($\omega_1 = 1,03$).

Натяжение в точке 4

$$S_4 = S_3 + W_{LH,3-4}, \quad (1.13)$$

где $W_{LH,3-4}$ – сила сопротивления движению ленты на наклонном прямолинейном участке (3–4), Н.

Так как участок (3–4) относится к рабочей ветви ленты, то

$$W_{LH,3-4} = (q_{л} + q_{р}' + q_{гр})\omega L + (q_{л} + q_{гр})H, \quad (1.14)$$

где $q_{р}'$ и $q_{гр}$ – погонные нагрузки соответственно от вращающихся частей роликоопор на рабочей ветви и от груза, определяемые по формулам (1.7) и (1.9).

Проверка прочности ленты

Проверка прочности ленты заключается в определении числа прокладок по формуле (1.1). В случае если необходимое число прокладок окажется больше принятого ранее, следует увеличить число прокладок или заменить марку ленты и произвести перерасчет.

Определение тягового усилия на приводном барабане

Тяговое (окружное) усилие F_T на приводном барабане находится по формуле

$$F_T = \omega_1 (S_{\text{наб}} - S_{\text{сб}}), \quad (1.15)$$

где $S_{\text{наб}}$ и $S_{\text{сб}}$ – натяжение соответственно набегающей и сбегающей ветвей на приводном барабане, Н.

Для простой трассы конвейера (см. рис. 1.3)

$$S_{\text{наб}} = S_4; \quad S_{\text{сб}} = S_1.$$

1.4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ И ПЕРЕДАТОЧНОГО ОТНОШЕНИЯ ПРИВОДНОЙ СТАНЦИИ

Зная тяговое усилие F_T и скорость ленты конвейера v , можно определить расчетную мощность электродвигателя (Вт) по формуле

$$P_p = \frac{1,25 F_T v}{\eta}, \quad (1.16)$$

где F_T – тяговое усилие, вычисляемое по формуле (1.15), Н; v – скорость ленты, м/с; η – КПД приводной станции, принимается ориентировочно ($\eta \approx 0,8$); 1,25 – коэффициент перегрузки.

По мощности P_p по каталогу подбирается трехфазный асинхронный электродвигатель серии 4А с соблюдением условия

$$P_p \leq P_{\text{эд}}, \quad (1.17)$$

где $P_{\text{эд}}$ – номинальная мощность электродвигателя, указанная в каталоге.

В каталоге указывается и номинальная частота вращения вала электродвигателя $n_{\text{эд}}$, которую рекомендуется выбирать небольшой (700 или 1400 мин^{-1}), чтобы получить возможно меньшее передаточное отношение приводной станции $u_{\text{пс}}$:

$$u_{\text{пс}} = \frac{n_{\text{эд}}}{n_{\text{пб}}}, \quad (1.18)$$

где $n_{\text{пб}}$ – частота вращения приводного барабана, мин^{-1} .

Частоту вращения приводного барабана $n_{\text{пб}}$ можно определить по формуле

$$n_{\text{пб}} = \frac{60v}{\pi D_{\text{пб}}}, \quad (1.19)$$

где v – скорость ленты, м/с; $D_{\text{пб}}$ – диаметр приводного барабана (в метрах), определяемый по формуле (1.4).

1.5. ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ТЯГОВОГО РАСЧЕТА ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА

Цель работы. Ознакомление с устройством и принципом работы ленточного конвейера и выполнение тягового расчета конвейера.

Оборудование. Макет горизонтального ленточного конвейера.

Исходные данные для тягового расчета ленточного конвейера (см. рис. 1.3) приведены в табл. 1.3.

Таблица 1.3

Исходные данные для расчета конвейера

Данные		Варианты					
		1	2	3	4	5	6
Вес груза $G_{\text{гр}}, H$		250	200	150	100	210	300
Размеры груза, м	$l_{\text{гр}}$	1	0,8	0,6	0,4	0,3	0,5
	$b_{\text{гр}}$	0,8	0,6	0,5	0,3	0,2	0,3
	$h_{\text{гр}}$	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1
Шаг расположения грузов $t_{\text{гр}}, м$		2	1,5	1,5	1	1	0,9
Скорость ленты $v, м/с$		0,2	0,4	0,5	0,8	0,3	0,9
Длина конвейера $L, м$		15	20	23	30	10	12
Угол подъема $\beta, град$		10	12	8	5	15	17

1.6. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с макетом ленточного конвейера, устройством его основных элементов.
2. Выполнить эскиз ленточного конвейера.
3. Определить и выбрать параметры ленты, а также диаметры приводного и натяжного барабанов и роликоопор.
4. Определить погонные нагрузки и натяжение ленты во всех характерных точках трассы. Проверить прочность ленты.
5. Определить расчетную мощность электродвигателя, выбрать электродвигатель, указать его параметры.
6. Рассчитать передаточное отношение приводной станции.
7. Оформить отчет о лабораторной работе.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие типы ленточных конвейеров используются в различных отраслях промышленности?
2. Для чего предназначена и из каких основных элементов состоит приводная станция?
3. Назначение и виды натяжных устройств.
4. Какие цепи применяют в тележечных конвейерах? Назовите основные характеристики цепи.
5. В чем заключается методика подбора цепи (цепей) по разрушающей нагрузке?
6. Из каких участков состоит трасса конвейера?
7. Где на трассе конвейера располагается точка с минимальным натяжением?
8. Как определяется передаточное отношение приводной станции? Какие выводы можно сделать из величины передаточного отношения?
9. Что понимается под термином «погонная нагрузка»? Как определяются погонные нагрузки?
10. Как рассчитываются сопротивления на участках трассы конвейера?
11. Как определяются натяжения в характерных точках трассы?
12. Какова цель выполнения тягового расчета конвейера?

Люлечный элеватор – это транспортирующая машина непрерывного действия, грузонесущим органом которой является шарнирно подвешенная к цепи люлька, сохраняющая вертикальность подвески независимо от направления движения цепи. Люлечные элеваторы могут быть одноцепными (рис. 2.1, а, б) и двухцепными (рис. 2.1, а, в). В одноцепных элеваторах люлька крепится консольно, в двухцепных она крепится на оси, соединяющей обе цепи, или же на двух полуосях, каждая из которых закреплена в своей цепи (рис. 2.1, в).

Люлечные элеваторы широко применяются в производствах для передачи изделий, полуфабрикатов или заготовок с одного технологического потока на другой, с одного этажа на другой. Используются они также в разного типа сушилках.

2.2. ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ЛЮЛЕЧНОГО ЭЛЕВАТОРА, ИХ УСТРОЙСТВО И НАЗНАЧЕНИЕ

Основными элементами люлечного элеватора являются приводная и натяжная станции, ходовая часть (цепь с прикрепленными к ней шарнирно люльками) и металлоконструкция, а также различные вспомогательные устройства (загружающее и разгружающее, тормоза и остановы, счетное и т. п.).

Приводная станция

Назначение приводной станции – передать от двигателя с помощью различных механических передач движение ходовой части конвейера со скоростью, обеспечивающей заданную производительность.

Приводная станция размещается в верхней части элеватора. В ее состав входят электродвигатель (обычно асинхронный), механические передачи и ведущая звездочка или звездочки, если элеватор двухцепной. При сравнительно небольших мощностях рекомендуется использовать мотор-редукторы. Вал приводных звездочек монтируют на сферических самоустанавливающихся подшипниках качения.

Для предотвращения самопроизвольного обратного движения цепей с люльками, в случае аварийного отключения электродвигателя, приводная станция снабжается тормозными или стопорными устройствами. В качестве последних применяют храповые или роликовые остановы, устанавливаемые на валу приводных звездочек.

Основными параметрами приводной станции являются: мощность электродвигателя – $P_{\text{ЭД}}$; частота вращения вала электродвигателя – $n_{\text{ЭД}}$; частота вращения вала приводной звездочки – $n_{\text{ЗВ}}$; передаточное отношение приводной станции – $u_{\text{ПС}}$. Передаточное отношение приводной станции рассчитывается по формуле

$$u_{\text{ПС}} = \frac{n_{\text{ЭД}}}{n_{\text{ЗВ}}}. \quad (2.1)$$

В тех случаях, когда расчетное передаточное отношение можно получить с помощью стандартного редуктора, схема приводной станции (вид сверху) будет выглядеть так, как показано на рис. 2.2, а, где 1 – электродвигатель; 2 – редуктор; 3 – приводная звездочка; 4 – муфты.

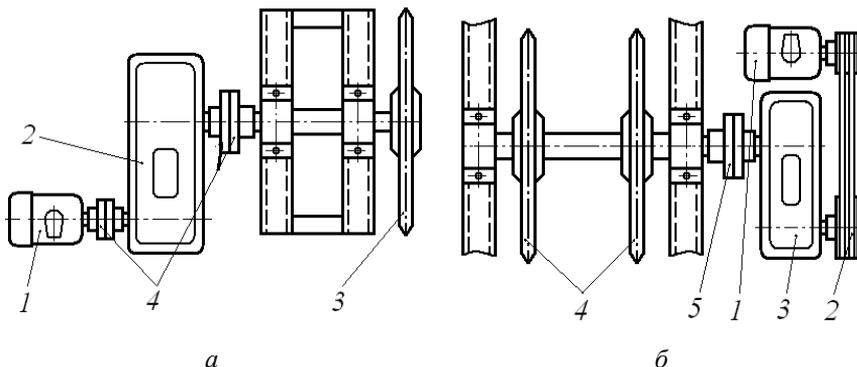


Рис. 2.2. Схемы приводных станций

Если же стандартный редуктор на заданное передаточное отношение подобрать не удастся, то в состав приводной станции включаются дополнительные механические передачи, например клиноременная, как показано на рис. 2.2, б. На этом рисунке: 1 – электродвигатель; 2 – клиноременная передача; 3 – редуктор; 4 – приводные звездочки, 5 – муфта. В данном случае передаточное отношение приводной станции определяется как произведение передаточного числа редуктора и передаточного отношения ременной передачи:

$$u_{\text{ПС}} = u_{\text{ред}} \cdot u_{\text{рем.пер}}. \quad (2.2)$$

Натяжная станция

Натяжная станция люлечного элеватора служит для создания первоначального натяжения цепи и компенсации вытяжки цепи вследствие износа ее шарниров во время эксплуатации. Натяжные механизмы бывают постоянного действия – грузовые (рис. 2.3, *а*) и периодического действия – винтовые (рис. 2.3, *б*).

Грузовые натяжные станции обеспечивают постоянное натяжение цепей за счет свободно подвешенных грузов. Недостатки их заключаются в том, что они имеют большие габариты и большую массу грузов. На рис. 2.3, *а* изображена принципиальная схема одного из вариантов грузовой натяжной станции. Она состоит из левой подвижной опоры 1 и правой подвижной опоры 2, грузов 3 и натяжных звездочек 4. Натяжение цепей определяется массой грузов 3, которые установлены непосредственно на подвесках подвижных опор 1 и 2.

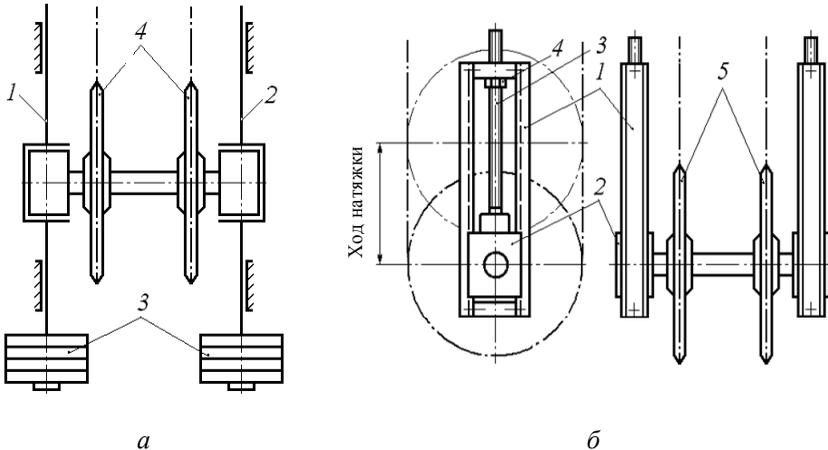


Рис. 2.3. Схемы натяжных станций

Винтовые натяжные устройства просты по конструкции, малогабаритны. Но их использование требует периодического наблюдения и регулирования, так как натяжение цепи не остается постоянным, а уменьшается по мере эксплуатации элеватора.

Винтовая натяжная станция (рис. 3.3, *б*) состоит из двух натяжных устройств, каждое из которых имеет раму 1, ползун 2, винт регулировки

положения ползуна 3 с гайкой 4, ось с натяжными звездочками 5 (или звездочкой, если элеватор одноцепной). Ось звездочек вращается в подшипниках качения или скольжения, которые установлены в ползунах. Периодически по мере эксплуатации элеватора и износа цепей оператор должен подтягивать винты и перемещать ползуны вниз, увеличивая тем самым расстояние между осями приводных и натяжных звездочек.

По мере увеличения износа цепей ползуны могут достичь крайнего нижнего положения. Чтобы привести натяжную станцию вновь в рабочее состояние, длину тяговых цепей уменьшают на два звена. При этом ось натяжных звездочек вместе с ползунами поднимается вверх. Поэтому ход ползуна принимается на 50...70 мм больше двух шагов цепи.

У двухцепных конвейеров в натяжной станции одна из звездочек крепится на валу шпонкой, а вторая свободно вращается на валу. Это обеспечивает равномерное натяжение обеих цепей.

Тяговый орган

В качестве тягового органа в люлечных элеваторах обычно используются тяговые пластинчатые цепи по ГОСТ 588–81 (рис. 2.4) или приводные роликовые цепи ПРД по ГОСТ 13568–97. Для тяжело нагруженных элеваторов применяются две цепи, при транспортировании легких грузов можно использовать одноцепные элеваторы.

Основные параметры цепи:

$t_{ц}$ – шаг цепи (расстояние между осями соседних шарниров), мм;

Q_p – разрушающая нагрузка, т. е. максимальная нагрузка, которую может выдержать цепь до разрушения, Н;

$m_{ц}$ – масса одного погонного метра цепи, кг/м.

Значение этих и ряда других параметров приводятся в таблицах Госстандартов на цепи (табл. 2.1, 2.2). Выбирая шаг цепи, надо учитывать, что при большом шаге цепи уменьшается количество шарниров на заданной длине, повышается прочность цепи, но при этом возрастают динамические нагрузки на цепь и на опоры приводного вала и оси натяжных звездочек.

Исполнение 1 (неразборная)

Исполнение 2 (разборная)

Тип 1 (втулочная)

Тип 2 (роликовая)

Тип 2

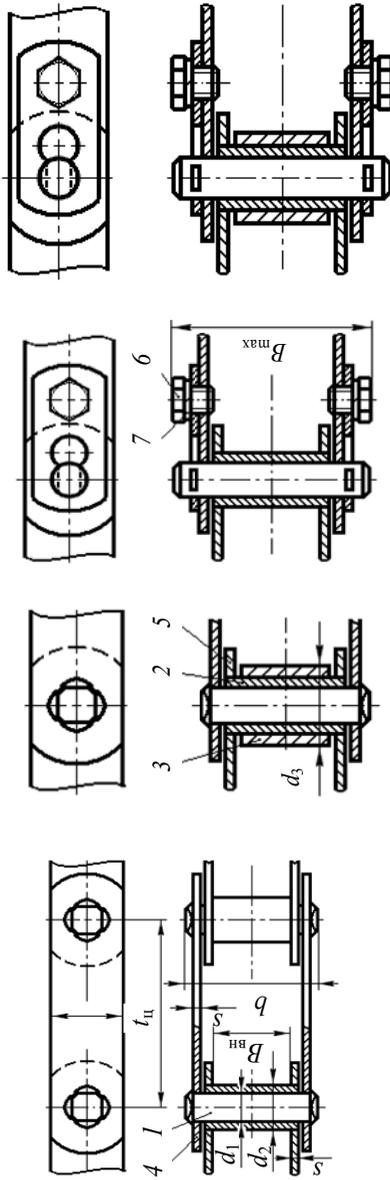


Рис. 2.4. Схемы пластинчатых тяговых втулочно-роликовых цепей по ГОСТ 588-81:

1 – валик; 2 – втулка; 3 – ролик; 4 – пластина наружная; 5 – пластина внутренняя; 6 – болт; 7 – шайба пружинная

Таблица 2.1

Основные размеры тяговых пластинчатых цепей по ГОСТ 588–81, мм

Номер цепи	Разрушающая нагрузка, кН, не менее	Шаг цепи t_n						Диаметр			Расстояние между внутренними пластинами $B_{вн}$	Высота пластины h , не более	Толщина пластины S	Длина валика b , не более	Ширина цепи B_{max} , не более
		40	50	63	80	100	125	160	валика d_1	втулки d_2					
M20	20	+	+	+	+	+	+	6	9	12,5	15	18	2,5	35	49
M28	28		+	+	+	+	+	7	10	15	17	20	3	40	56
M40	40			+	+	+	+	8,5	12,5	18	19	25	3,5	45	63
M56	56			+	+	+	+	10	15	21	23	30	4	52	72
M80	80				+	+	+	12	18	25	27	35	5	62	86
M112	112				+	+	+	15	21	30	31	40	6	73	101

Примечание. Знаком «+» отмечена номенклатура цепей, которые должны изготавливаться в соответствии с настоящим стандартом.

Пример условного обозначения цепи тяговой пластинчатой с номером M28, типа 2, шагом 80, исполнения 1:
Цепь M28-2-80-1 ГОСТ 588–81.

Таблица 2.2

Масса одного метра втулочно-роликовой цепи по ГОСТ 588–81, кг/м

Номер цепи	Шаг цепи, мм						
	40	50	63	80	100	125	160
M20	1,26	1,14	1,05	0,96	0,93	0,88	0,85
M28		1,58	1,45	1,34	1,26	1,20	1,15
M40			2,10	2,05	1,90	1,76	1,70
M56			3,34	3,06	2,82	2,62	2,46
M80				4,80	4,40	3,95	3,80
M112				7,26	6,00	5,80	5,30

При выборе шага цепи надо учитывать также необходимость крепления люльки к цепи. Рекомендуется выбирать стандартную цепь из условия прочности по формуле

$$n = \frac{Q_{\text{раз}}}{S_p}, \quad (2.3)$$

где n – коэффициент запаса прочности цепи, рекомендуемое значение коэффициента запаса прочности для элеваторов (10...20); $Q_{\text{раз}}$ – разрушающая нагрузка, Н (приводится в Госстандарте на цепи в зависимости от типа и шага цепи (табл. 2.2)); S_p – расчетное натяжение цепи, Н (если элеватор одноцепной, то $S_p = S_{\text{max}}$, если двухцепной – $S_p = 0,6S_{\text{max}}$, S_{max} – максимальное натяжение цепи (цепей) на трассе элеватора, которое определяется методом обхода трассы по характерным точкам.

Предварительное значение S_{max} можно определить по формуле

$$S_{\text{max}} = \omega_1 \left\{ S_{\text{min}} + \left[(q_{\text{Гр}} + q_{\text{ход}})L_{\text{раб}} + q_{\text{ход}}L_{\text{хол}} \right] \omega + (q_{\text{Гр}} + q_{\text{ход}})H \right\}, \quad (2.4)$$

где ω_1 , ω – коэффициенты сопротивления на поворотах трассы и на прямолинейных участках трассы, в расчетах можно принять 1,05 и 0,05 соответственно; S_{min} – минимальное натяжение цепи (принимается 1000...1500 Н); $q_{\text{Гр}}$, $q_{\text{ход}}$ – погонные нагрузки от груза и ходовой

части, Н/м; $L_{\text{раб}}, L_{\text{хол}}$ – горизонтальные проекции грузеной и холостой ветвей элеватора, м; H – высота подъема груза, м.

Звездочки

Для пластинчатых цепей профиль зуба звездочек оформляется по ГОСТ 592–81. Сами звездочки изготавливают чаще методом литья из стали Л35 и иногда фрезеруют из листовой стали марок сталь 40 или сталь 50. Диаметр делительной окружности звездочки определяют по формуле

$$D_{\text{зв}} = \frac{t_{\text{ц}}}{\sin \frac{180^\circ}{z}}, \quad (2.5)$$

где z – число зубьев звездочки.

В люлечных элеваторах звездочки должны обеспечивать прохождение люлек над валом (рис. 2.5). Для этого должно выполняться условие

$$\frac{D_{\text{зв}} - d_{\text{в}}}{2} > \sqrt{H_{\text{л}}^2 + \left(\frac{B_{\text{л}}}{2}\right)^2}, \quad (2.6)$$

где $d_{\text{в}}$ – диаметр вала звездочек (можно принять 50...70 мм); $H_{\text{л}}$ и $B_{\text{л}}$ – высота и ширина люльки соответственно, мм.

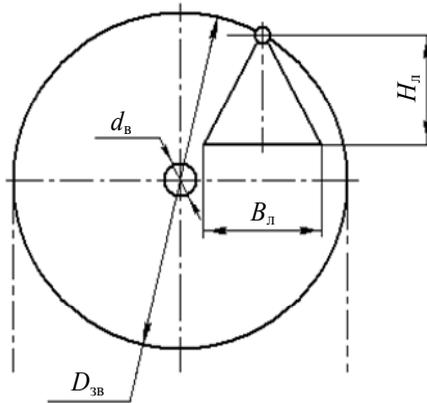


Рис. 2.5. Схема прохождения люльки над валом

По выражению (2.6) из условия равенства рассчитывается ориентировочный диаметр звездочки $D_{ЗВ}^0$, затем рассчитывается число зубьев звездочки z по формуле

$$z = \frac{\pi D_{ЗВ}^0}{t_{ц}} + (8...10). \quad (2.7)$$

Далее по формуле (2.5) с точностью до сотых долей миллиметра рассчитывается точный диаметр звездочки.

Люльки

В люлечных элеваторах грузонесущими органами являются люльки [5, 6]. Люльки шарнирно подвешиваются к цепи и сохраняют вертикальность подвески на всех участках трассы (рис. 2.6). Если конвейер двухцепной, люлька подвешивается между цепями на оси или полуосях (рис. 2.6 *а, б, в*). У одноцепного конвейера люльки подвешиваются консольно (рис. 2.6, *г*). Конструкция люлек и размеры определяются размерами и массой транспортируемых грузов. Люлька должна быть прочной, легкой, недорогой и несложной в изготовлении. Ее устройство должно обеспечивать удобную загрузку и выгрузку [7, 8]. В случае применения автоматической загрузки и разгрузки дно люльки обычно выполняется в виде гребенки, между зубьями которой могут проходить зубья загрузочных и разгрузочных устройств (рис. 2.6, *б*). При ручной загрузке и разгрузке дно люльки выполняют в виде сплошной или решетчатой полки.

Отдельные элементы люлек изготавливают из стальной или дюралюминиевой проволоки. Диаметр проволоки зависит от массы транспортируемого груза, укладываемого в люльку. Если масса грузов больше 10...20 кг, то детали люльки можно выполнять из уголков или круглых прутков.

Расстояние между люльками или шаг люлек определяют ориентировочно по формуле

$$t_{л} = \frac{3600vn}{Z}, \quad (2.8)$$

где v – скорость транспортирования груза, м/с; Z – штучная производительность, шт/ч; n – количество изделий в люльке.

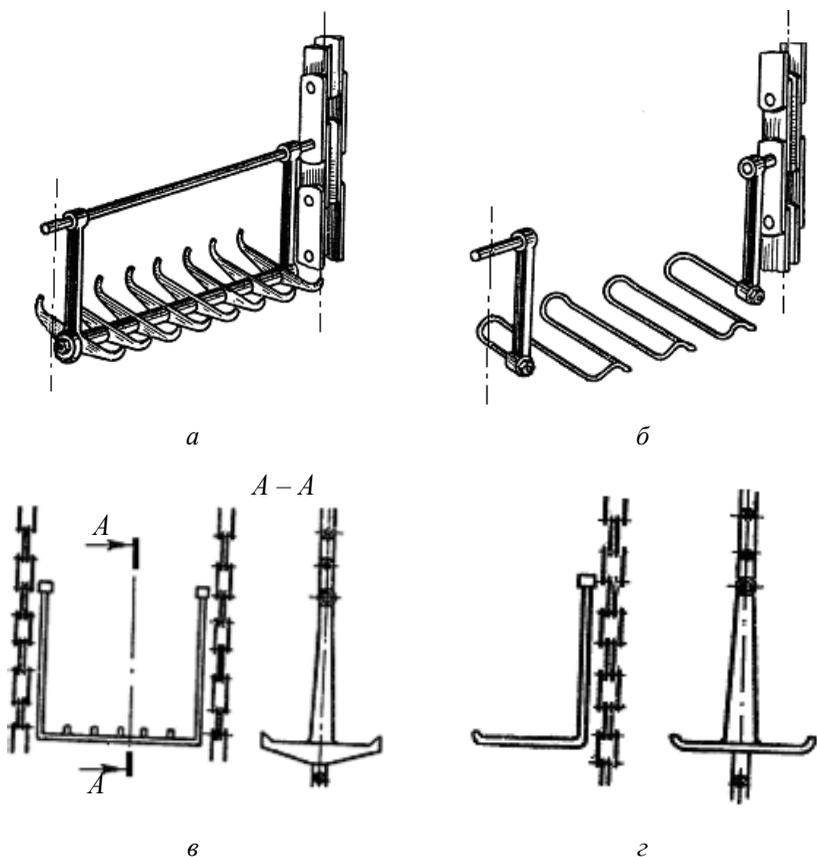


Рис. 2.6. Люльки

Окончательное значение $t_{\text{л}}$ принимается исходя из того, что крепление люлек производят в шарнирах цепи, а значит, шаг люлек должен быть кратен двойному шагу цепи $t_{\text{ц}}$:

$$t_{\text{л}} = 2it_{\text{ц}}, \quad (2.9)$$

где i – любое целое число.

По формуле (2.9) определяют i , увеличивают до целого значения, а затем по этой же формуле рассчитывают точное значение шага люлек $t_{\text{л}}$. Далее по формуле (2.8) уточняют скорость транспортирования.

2.3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОГОННЫХ НАГРУЗОК И ТЯГОВЫЙ РАСЧЕТ ЭЛЕВАТОРА

Расчет элеватора начинаем с выбора цепи. Так как масса транспортируемых грузов невелика, а высота подъема несколько метров, то в качестве тягового органа можно принять втулочно-роликовую тяговую пластинчатую цепь с шагом от 40 до 80 мм (см. табл. 2.2). Выбрав конкретную цепь, предварительно определяют по формуле (2.8) шаг люлек, а затем по формуле (2.9) уточняют его значение, после чего вычисляют погонные нагрузки: от цепи; от груза; от люльки. Масса одного погонного метра цепи приводится в табл. 2.3. Погонная нагрузка [Н/м] от цепи будет равна

$$q_{\text{ц}} = m_{\text{ц}}g, \quad (2.10)$$

где g – ускорение свободного падения, равно $9,81 \text{ м/с}^2$.

Погонная нагрузка [Н/м] от транспортируемого груза определяется так:

$$q_{\text{гр}} = \frac{m_{\text{гр}}g}{t_{\text{л}}}, \quad (2.11)$$

где $m_{\text{гр}}$ – масса груза, приведена в задании, кг.

По аналогичной формуле определяется погонная нагрузка [Н/м] от люльки

$$q_{\text{л}} = \frac{m_{\text{л}}g}{t_{\text{л}}}, \quad (2.12)$$

где $m_{\text{л}}$ – масса люльки, кг, для определения которой необходимо выполнить эскиз люльки с основными размерами и задать материал, из которого она изготовлена.

Эскиз люльки выполняется в зависимости от формы и размеров груза. Так, если груз – коробка с обувью с размерами $L_{\text{гр}} \times B_{\text{гр}} \times H_{\text{гр}}$, мм, то один из возможных вариантов люльки может быть таким, как изображено на рис. 2.7, а. Размеры люльки для двух коробок: $L_{\text{л}} = 2L_{\text{гр}} + 150$; $B_{\text{л}} = B_{\text{гр}} + 100$; $H_{\text{л}} = (2 \dots 3)H_{\text{гр}}$. Длина люльки, представленной на рис. 2.7, б, для одной коробки составит $L_{\text{л}} = L_{\text{гр}} + 100$.

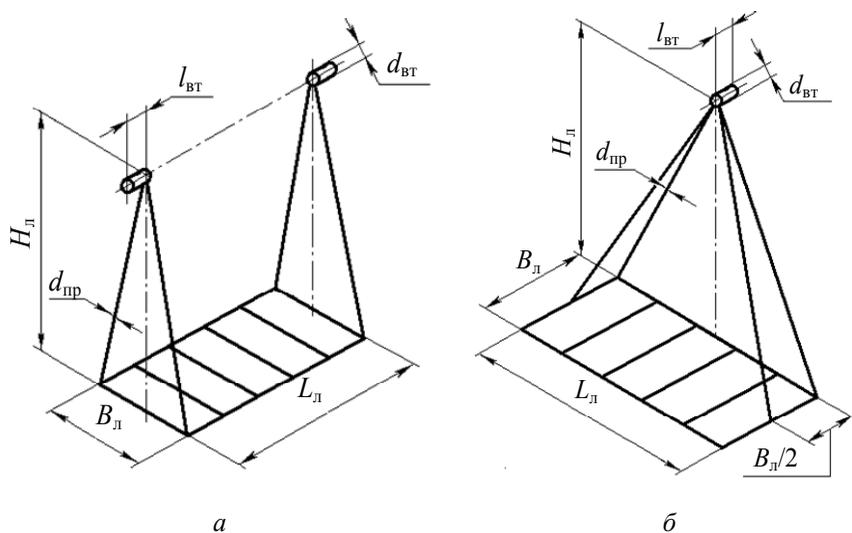


Рис. 7. Схемы люлек

Люлька выполнена из стальной проволоки диаметром $d_{пр}$. Общая длина проволоки $l_{пр}$, необходимая для изготовления люльки, подсчитывается из эскиза.

Люлька включает в себя две или одну втулку размером $l_{вт} \times d_{вт} = 40 \times 20$ мм, изготовленные из стали, на которых она шарнирно подвешивается на цепях.

Теперь можно определить массу люльки:

$$m_{л} = \left[\left(\frac{\pi d_{пр}^2}{4} \right) l_{пр} + \left(\frac{\pi d_{вт}^2}{4} \right) l_{вт} k \right] \rho, \quad (2.13)$$

где k – количество втулок, равное количеству цепей; ρ – плотность стали (равна $0,0078$ г/мм³).

Погонная нагрузка от ходовой части рассчитывается по формуле где k – количество цепей.

$$q_{ход} = q_{л} + kq_{ц}. \quad (2.14)$$

Зная погонные нагрузки, переходят к тяговому расчету, т. е. к определению натяжения цепи в характерных точках трассы элеватора.

В данном примере (см. рис. 2.1) трасса простейшая, имеет только 4 характерных точки и состоит из двух прямолинейных участков (1–2) и (3–4). В вертикальных трассах точка с минимальным натяжением тягового органа (S_{\min}) находится на сбегавшей ветви элеватора в самой низкой ее точке – это точка 2.

$$S_2 = S_{\min} = (1000 \dots 1500)H.$$

Используя правило обхода трассы по характерным точкам, находим натяжение во всех других точках.

Прежде всего определим натяжение в точке 1 с помощью выражения

$$S_1 = S_2 - W_{H(1-2)}, \quad (2.15)$$

где $W_{H(1-2)}$ – сопротивление на вертикальном перемещении не нагруженной (холостой) ходовой части, движущейся вниз, которое рассчитывается с помощью уравнения

$$W_{H(1-2)} = \pm q_{\text{ход}} H, \quad (2.16)$$

где H – величина вертикального перемещения ходовой части, м.

Определяем натяжение в точке 3. Так как участок (2–3) криволинейный, натяжение находим с помощью коэффициента сопротивления на поворотах трассы ω_1 :

$$S_3 = S_2 \cdot \omega_1. \quad (2.17)$$

Определяем натяжение в точке 4. Участок (3–4) рабочий (груженный), прямолинейный, вертикальный, ходовая часть движется вверх:

$$S_4 = S_3 + W_{H(3-4)}, \quad (2.18)$$

где $W_{H(3-4)}$ – величина силы сопротивления на участке (3–4).

$$W_{H(3-4)} = \pm(q_{\text{ход}} + q_{\text{гр}})H, \quad (2.19)$$

где H – высота подъема груза, м.

В формулах (2.16) и (2.19) знак «плюс» ставится при движении ходовой части вверх, а «минус» при движении ходовой части вниз.

2.4. ПРОВЕРКА ПРАВИЛЬНОСТИ ВЫБОРА ЦЕПИ

Определив натяжение в характерных точках трассы элеватора, убеждаемся, что максимальное натяжение S_{\max} получилось в точке 4.

Зная S_{\max} , определяют расчетное натяжение S_p для одноцепного или для двухцепного элеватора. После этого вычисляют по формуле (2.3) коэффициент запаса прочности n . Если получится $n = (10 \dots 20)$, то цепь выбрана правильно, если $n > 20$ – цепь недогружена, и для данного элеватора можно применить цепь с меньшей разрушающей нагрузкой, если таковая имеется. Если $n < 10$, то цепь работает с перегрузкой, необходимо принять цепь с большей разрушающей нагрузкой или цепь с большим шагом и выполнить перерасчет элеватора.

2.5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ И ПЕРЕДАТОЧНОГО ОТНОШЕНИЯ ПРИВОДНОЙ СТАНЦИИ

Для определения мощности электродвигателя вначале определяют окружное усилие F_T (Н) на валу ведущей звездочки (звездочек) элеватора:

$$F_T = (S_{\text{наб}} - S_{\text{сб}})\omega_1. \quad (2.20)$$

Для трассы, представленной на рис. 2.1:

$$S_{\text{наб}} = S_{\max} = S_4; S_{\text{сб}} = S_1.$$

Вычислив F_T по формуле (2.20) и взяв уточненную скорость транспортирования (м/с), можно определить мощность на приводном валу (Вт):

$$P_{\text{зв}} = F_T v. \quad (2.21)$$

Далее определяют расчетную мощность электродвигателя

$$P_{\text{р эд}} = \frac{1,25 P_{\text{зв}}}{\eta_{\text{пс}}}, \quad (2.22)$$

где $\eta_{\text{пс}}$ – КПД приводной станции.

Так как структура приводной станции еще неизвестна, ее КПД можно принимать ориентировочно 0,8. Определив $P_{р\text{эд}}$, переходят непосредственно к подбору электродвигателя. Для приводных станций конвейеров и элеваторов рекомендуется применять трехфазные асинхронные электродвигатели. Подбор электродвигателя осуществляют по каталогу, в котором указывается номинальная мощность электродвигателя $P_{\text{эд}}$, соблюдая условие

$$P_{\text{эд}} \geq P_{р\text{эд}}. \quad (2.23)$$

В каталоге на электродвигатели указывается частота вращения вала электродвигателя $n_{\text{эд}}$, которую рекомендуется принимать в пределах от 1000 до 1500 мин^{-1} .

Выбрав электродвигатель, по формуле (2.23) определяют передаточное отношение приводной станции элеватора $u_{\text{пс}}$.

Частоту вращения звездочки $n_{\text{зв}}$ можно определить по формуле

$$n_{\text{зв}} = \frac{60v}{\pi D_{\text{зв}}}, \quad (2.24)$$

где v – уточненная скорость транспортирования, м/с; $D_{\text{зв}}$ – диаметр делительной окружности звездочки, м (определяют по формулам, приведенным в подразделе 2.2).

2.6. ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ТЯГОВОГО РАСЧЕТА ЭЛЕВАТОРА

Цель работы. Ознакомление с устройством и принципом действия люлечного элеватора. Приобретение навыков в выполнении тягового расчета люлечного элеватора.

Оборудование. Макет двухцепного люлечного элеватора.

Исходные данные для выполнения тягового расчета элеватора приведены в табл. 2.3. Трасса элеватора представлена на рис. 2.1.

Варианты заданий для расчета элеватора

Техническая характеристика	Вариант					
	1	2	3	4	5	
Масса груза $m_{гр}$, кг	1,2	2,0	1,5	1,8	1,3	
Производительность Z , шт/ч	1100	800	1500	600	1300	
Скорость транспортирования v , м/с	0,12	0,10	0,20	0,15	0,18	
Высота подъема груза H , м	7,5	7,0	5,0	5,5	6,0	
Количество цепей k , шт.	2	1	2	1	2	
Диаметр проволоки $d_{пр}$, мм	6	10	8	9	7	
Количество изделий в люльке n , шт.	2	1	2	1	2	
Размеры груза, мм	$L_{гр}$	320	350	300	340	310
	$B_{гр}$	200	210	190	205	195
	$H_{гр}$	150	130	140	135	145

2.7. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с макетом элеватора, устройством его основных узлов и деталей, с принципом работы.
2. Составить эскиз общего вида элеватора (два вида).
3. Вычертить эскиз ходовой части элеватора, показать характер соединения люльки с цепями.
4. По указанию преподавателя выбирается один из вариантов задания (табл. 2.3) для выполнения тягового расчета элеватора.
5. Начертить расчетную схему трассы элеватора (рис. 2.1).
6. Начертить эскиз люльки (рис. 2.7) и рассчитать ее массу (подраздел 2.2).
7. Определить погонные нагрузки и натяжения цепи во всех характерных точках трассы (подраздел 2.2).
8. Проверить правильность выбора цепи.
9. Определить расчетную мощность электродвигателя (подраздел 2.3). Выбрать по каталогу электродвигатель, вычислить передаточное отношение приводной станции.
10. Оформить отчет по лабораторной работе.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие различают типы элеваторов по конструкции грузонесущего органа?
2. Для чего предназначена и из каких основных элементов состоит приводная станция?
3. Назначение и виды натяжных устройств.
4. Назовите основные характеристики тяговых цепей.
5. В чем заключается методика подбора цепи (цепей) по разрушающей нагрузке?
6. Из каких участков состоит трасса элеватора?
7. Где на трассе располагается точка с минимальным натяжением цепи?
8. Как рассчитываются силы сопротивления на различных участках трассы конвейера?
9. Как рассчитываются силы натяжения тягового органа в характерных точках, и для чего это делается?
10. Как определяется передаточное отношение приводной станции?
11. Почему шаг люлек должен быть кратен двойному шагу цепи?

3. ТЕЛЕЖЕЧНЫЙ КОНВЕЙЕР

3.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ТЕЛЕЖЕЧНЫХ КОНВЕЙЕРАХ

Тележечные конвейеры используются в промышленности главным образом для межоперационного перемещения изделий или заготовок в поточном производстве от одного рабочего места к другому.

Тележечный конвейер состоит из одной тяговой цепи ($k = 1$) замкнутого контура, к которой прикреплены тележки (платформы), движущиеся по направляющим путям на своих катках. На тележках располагаются транспортируемые изделия.

Для транспортирования тяжелых изделий применяются двухцепные ($k = 2$) тележечные конвейеры.

Различают вертикально-замкнутые (рис. 3.1 и 3.2, *а*) и горизонтально-замкнутые конвейеры (рис. 3.2 *б*). Если цепи движутся в горизонтальной плоскости, то конвейеры считаются горизонтально-замкнутыми, если же в вертикальной плоскости, то вертикально-замкнутыми. Вертикально-замкнутые конвейеры более компактны, так как обратная ветвь конвейера размещается под рабочей. Но обычно в этих конвейерах полезно используется только верхняя ветвь, так как на нижней ветви тележки опрокинуты и нести изделия не могут.

Горизонтально-замкнутые конвейеры занимают большую площадь, но у этих конвейеров обе ветви могут быть рабочими.

По расположению тележек относительно тягового органа (вид сверху) различают конвейеры с симметричным расположением несущего органа (рис. 3.3, *а*) и с боковым расположением (рис. 3.3, *б*).

В последние годы складские помещения предприятий многих отраслей промышленности оборудуются тележечными конвейерами с подпольным расположением цепи.

Часто на предприятиях используются тележечные конвейеры с автоматическим адресованием груза. Готовые изделия, сырье, заготовки или полуфабрикаты укладываются на тележку непосредственно или

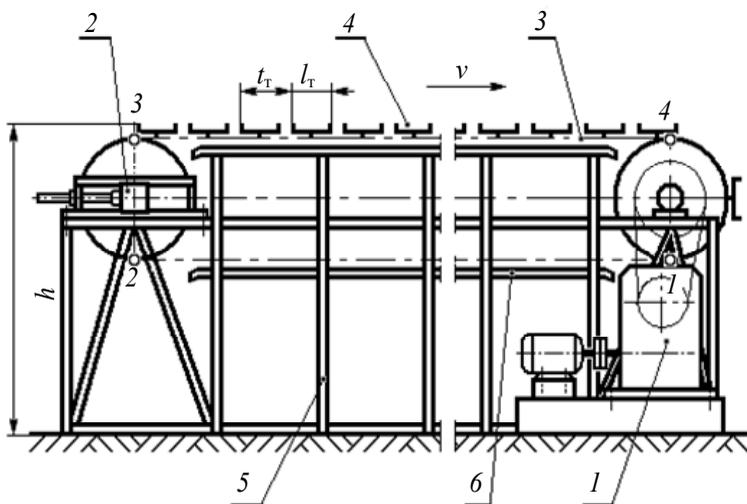


Рис. 3.1. Схема вертикально-замкнутого тележного конвейера

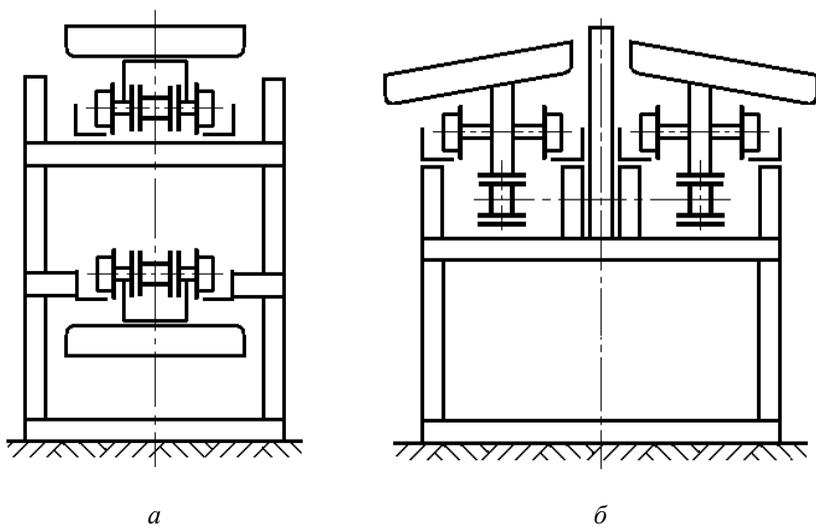


Рис. 3.2. Поперечное сечение конвейеров

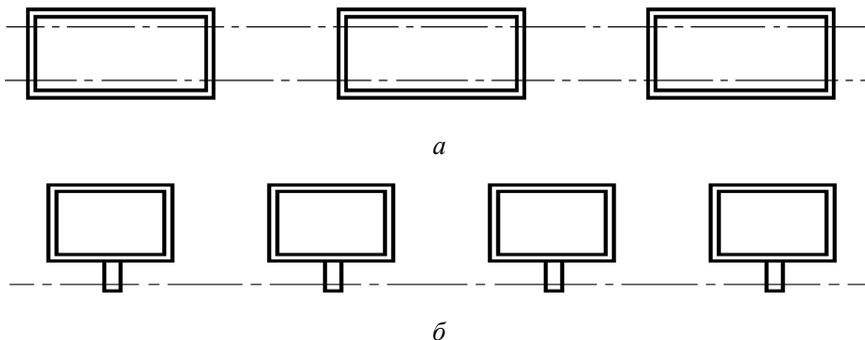


Рис. 3.3. Схемы расположения тележек

в специальную тару. Тележка снабжена специальным устройством – адресоносителем, а в пунктах загрузки устанавливаются считывающие устройства, которые управляют исполнительными механизмами разгрузки тележек. Более полные сведения о тележечных конвейерах приведены в учебниках [9, 10, 11].

3.2. ОСНОВНЫЕ УЗЛЫ ТЕЛЕЖЕЧНОГО КОНВЕЙЕРА, ИХ УСТРОЙСТВО И НАЗНАЧЕНИЕ

Вертикально-замкнутый тележечный конвейер (рис. 3.1) состоит из следующих основных узлов и механизмов: приводной станции 1, натяжной станции 2, гибкого тягового органа – цепи 3 с прикрепленными к ней тележками 4 и сварного основания 5 с направляющими 6.

Приводная станция

Назначение приводной станции – сообщить конвейеру движение со скоростью, обеспечивающей заданную производительность.

Как правило, приводная станция состоит из электродвигателя, механических передач и ведущей звездочки или звездочек, если конвейер двухцепной. В качестве механических передач используются зубчатые или червячные редукторы в сочетании с ременными или цепными передачами. В конвейерах с непрерывным движением в состав приводной станции зачастую включают вариатор для плавного регулирования скорости конвейера.

Приводная станция располагается обычно в конце трассы, в месте, где осуществляется окончательная выгрузка.

Основными параметрами приводной станции являются $P_{эд}$ – мощность электродвигателя, $n_{эд}$ – частота вращения вала электродвигателя, $n_{зв}$ – частота вращения звездочки и передаточное отношение приводной станции

$$u_{пс} = \frac{n_{эд}}{n_{зв}}. \quad (3.1)$$

Натяжная станция

Натяжная станция тележечного конвейера служит для создания первоначального натяжения цепи и компенсации вытяжки цепи вследствие ее износа во время эксплуатации.

Натяжные механизмы бывают постоянного действия – грузовые (рис. 3.4) и периодического действия – винтовые (рис. 3.5, а и 3.5, б).

Винтовая натяжная станция (рис. 3.5, а) состоит из ведомой звездочки 1 (если конвейер двухцепной, то из двух звездочек), которую огибает цепь 2, подвижных ползунов 3, 4, в которых устанавливается ось 5 звездочки и винтов 6, 7 натяжного механизма. Винты натяжного устройства, перемещая ползуны, создают натяжение тяговой цепи (цепей).

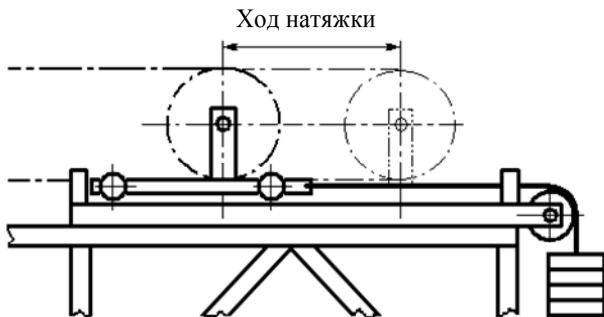


Рис. 3.4. Грузовое натяжное устройство

Винтовые натяжные устройства просты по конструкции, малогабаритны. Но требуют периодического наблюдения и подтягивания, так как натяжение цепи не остается постоянным, а уменьшается по мере эксплуатации конвейера.

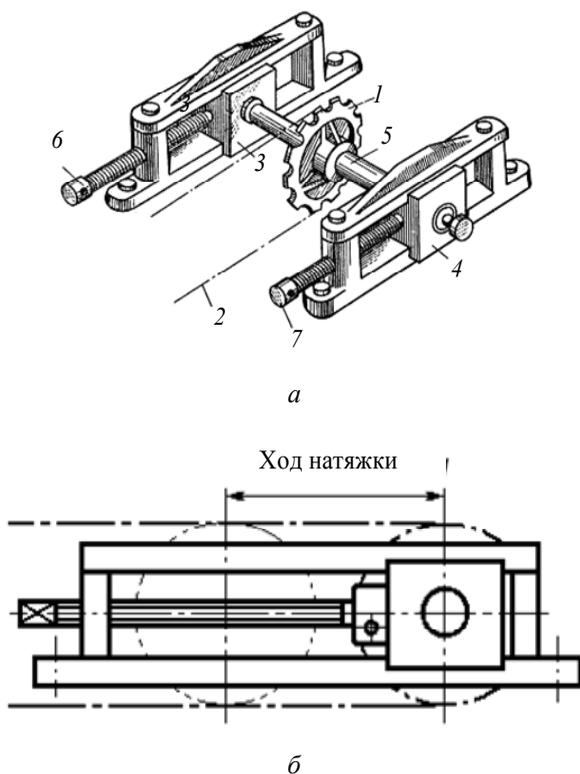


Рис. 3.5. Винтовые натяжные станции

Грузовые натяжные устройства обеспечивают постоянное натяжение за счет свободно висящего груза. Недостатками их являются достаточно большие габариты и достаточно большая масса груза.

Величина перемещения ползуна (ход натяжки) принимается на 50...100 мм больше двух шагов цепи. Это делается для того, чтобы при большом износе цепи можно было уменьшить ее длину на два соседних звена.

У двухцепных конвейеров на натяжной станции одна из звездочек крепится на оси шпонкой, а вторая свободно вращается на оси. Это обеспечивает равномерное натяжение обеих цепей.

Тяговый орган

В качестве тягового органа в тележечных конвейерах используются одна или две тяговые цепи.

По ГОСТ 588–81 изготавливают пластинчатые тяговые цепи: втулочные; роликовые; катковые; катковые с ребордой (гребнем).

В тележечных конвейерах в качестве тягового органа часто используют приводные роликовые цепи типа ПРД ГОСТ 13568–97 (рис. 3.6).

Основными параметрами цепи являются:

$t_{ц}$ – шаг цепи (расстояние между осями соседних шарниров), мм;

Q_p – разрушающая нагрузка, т. е. нагрузка, при которой цепь рвется, кН;

$m_{ц}$ – масса одного погонного метра цепи, кг/м.

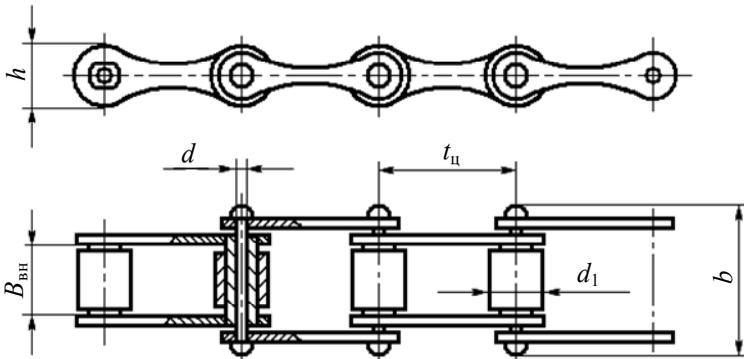


Рис. 3.6. Цепь типа ПРД

Значения этих параметров приведены в табл. 3.1.

Подбор стандартной цепи осуществляют следующим образом. Вначале ориентировочно выбирают цепь с наименьшей разрушающей нагрузкой, затем выполняют тяговый расчет конвейера, из которого определяют S_{\max} – максимальное натяжение цепи при нормальной загрузке, а затем определяют расчетную нагрузку: $S_p = S_{\max}$ (при $k = 1$) или $S_p = S_{\max} 0,6$ (при $k = 2$). Затем определяют коэффициент запаса прочности цепи

$$Q_p/S_p \geq [n], \quad (3.2)$$

где $[n]$ – коэффициент запаса прочности цепи, обычно принимаемый в пределах 6...15.

Далее в таблицах Госстандарта выбирают цепь, у которой значение Q_p близко к расчетному.

Таблица 3.1

**Цепи приводные длиннозвенные типа ПРД по ГОСТ 13568–97,
размеры в миллиметрах**

Обозначение цепи	$t_{ц}$	$B_{вн}$, не менее	d	d_1	h	b	Разрушающая нагрузка, Н, не менее	Масса 1 м цепи, кг/м
					Не более			
ПРД-31,75-22700	31,75	9,65	5,08	10,16	14,8	24	22 700	0,60
ПРД-38,1-29500	38,1	12,7	5,96	11,91	18,2	31	29 500	1,10
ПРД-38-30000	38,0	22,0	7,95	15,88	21,3	42	30 000	1,87
ПРД-38-40000	38,0	22,0	7,95	15,88	21,3	47	40 000	2,10
ПРД-50,8-50000	50,8	15,88	7,95	15,88	24,2	39	50 000	1,90
ПРД-63,5-70000	63,5	19,05	9,55	19,05	30,2	46	70 000	2,60
ПРД-76,2-100000	76,2	25,4	11,12	22,23	36,2	57	100 000	3,80

Звездочки

Ведущие и натяжные звездочки конвейера (рис. 3.5, а) изготавливают методом литья из стали Л35 или фрезеруют из листовой стали. В этом случае используются среднеуглеродистые стали: сталь 4 или сталь 50.

Для тяговых пластинчатых цепей профиль зуба звездочки выполняется по ГОСТ 592, а для приводных роликовых цепей по ГОСТ 591.

Диаметр делительной окружности звездочки рассчитывают по формуле

$$D_{зв} = \frac{t_{ц}}{\sin(180^\circ/z)}, \quad (3.3)$$

где z – число зубьев звездочки.

Минимальное число зубьев звездочки равно 8, принимается для цепей с шагом более 100 мм.

Для цепей с небольшими шагами число зубьев звездочки достаточно большое, составляет 20...30 мм. Ориентировочное число зубьев звездочки можно рассчитать по следующей зависимости:

$$z = \frac{4t_{\tau}}{t_{\text{ц}}} \quad (3.4)$$

Тележки

Грузонесущим органом тележечных конвейеров является тележка. Размеры, конфигурация и устройство тележек во многом определяются характером транспортируемых грузов [5, 6]. Существует большое количество различных конструкций тележек, применяемых на предприятиях в различных отраслях промышленности.

На рис. 3.7 в качестве примера изображен эскиз конструкции одной тележки, применяемой при транспортировке заготовок на швейных потоках. Тележка состоит из следующих основных частей: контейнера 1 (в некоторых учебниках применяют термины: короб, корпус или платформа); двух кронштейнов 2, с помощью которых контейнер соединяется с цепью 3 и четырех катков 4, которые катятся по специальным направляющим.

Контейнер тележки изготавливают из различных пластиков, например из фенопласта толщиной 2–3 мм.

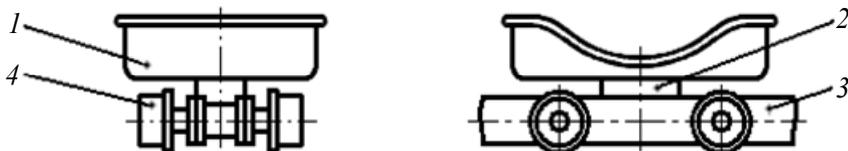


Рис. 3.7. Тележка

Кронштейны для соединения контейнера с цепью обычно изготавливаются металлическими, чаще всего стальными, но можно изготавливать и из дюралюминия.

Катки изготавливают обычно из капрона. Диаметр катка принимают равным 40 мм, ширина катка равна 25 мм. Плотность капрона $\rho = 2,5 \text{ г/см}^3$.

Комплекс, состоящий из тягового и несущего органов, называется ходовой частью. Образец ходовой части без катков представлен на рис. 3.8.

Расстояние между тележками или шаг тележек t_T определяется с помощью зависимости

$$t_T = \frac{3600vn}{Z}, \quad (3.5)$$

где v – скорость транспортирования груза, м/с; Z – штучная производительность, шт/ч; n – количество изделий в тележке.

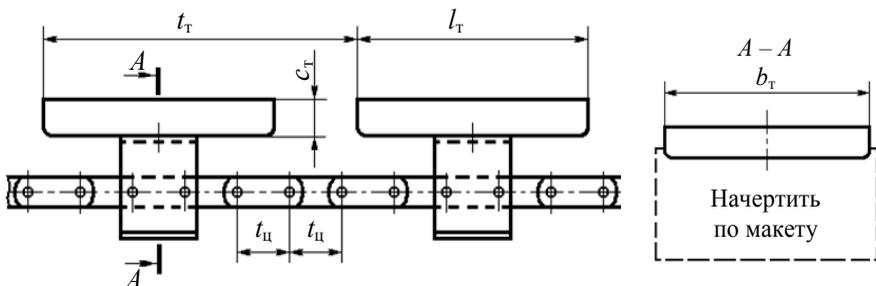


Рис. 3.8. Ходовая часть тележечного конвейера

Окончательное значение t_T принимается из условия, что шаг тележек должен быть кратен двойному шагу цепи $2t_{Ц}$:

$$t_T = 2t_{Ц}i, \quad (3.6)$$

где i – любое целое число.

Зная ориентировочное значение шага тележек t_T , делят его на $2t_{Ц}$ и округляют в сторону увеличения i до целого числа. Затем по формуле (3.6) определяют точное значение шага тележек t_T , м.

3.3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОГОННЫХ НАГРУЗОК И ТЯГОВЫЙ РАСЧЕТ КОНВЕЙЕРА

Прежде всего по формуле (3.5) рассчитывают штучную производительность Z .

Так как длины заданных конвейеров небольшие (20...40) м, а транспортируемые изделия имеют небольшие массы, то величины

минимального натяжения в точке 1 (рис. 3.1) можно принимать в пределах от 1000 до 1500 Н.

Исходя из этих соображений, в качестве тягового органа можно применять приводную цепь ПРД ГОСТ 13568–75 с шагами от 30 до 70 мм (рис. 3.6 и табл. 3.1).

Выбрав конкретную цепь с определенным шагом, уточняют шаг тележек t_T по формуле (3.6), затем уточняют скорость транспортирования груза по формуле (3.5). Далее рассчитывают погонные нагрузки: от транспортируемого груза – $q_{Гр}$, от тележки – q_T и от цепи – $q_{Ц}$.

Масса одного погонного метра цепи $m_{Ц}$ приводится в Госстандарте (табл. 3.1).

Погонная нагрузка (Н/м) от цепи будет равна

$$q_{Ц} = m_{Ц}g, \quad (3.7)$$

где $g = 9,81$ – ускорение свободного падения, $м/с^2$.

Погонная нагрузка (Н/м) от транспортируемых изделий, т. е. от груза, определяется по формуле

$$q_{Гр} = \frac{m_{Гр}g}{t_T}, \quad (3.8)$$

где $m_{Гр}$ – масса груза, кг (приведена в задании).

По аналогичной формуле определяется погонная нагрузка от тележек (Н/м):

$$q_T = \frac{m_Tg}{t_T}, \quad (3.9)$$

где m_T – масса тележки, кг (приведена в задании).

Зная погонные нагрузки, можно переходить к тяговому расчету, т. е. к определению усилий натяжения в характерных точках трассы конвейера [12].

Расчетная схема трассы простейшего вертикально-замкнутого тележечного конвейера представлена на рис. 3.8. Трасса, характерная для тележечных конвейеров большинства предприятий, состоит из двух прямолинейных горизонтальных участков (1–2) и (3–4) и двух криво-

линейных участков (2–3) и (4–1). Такие трассы имеют только четыре характерные точки.

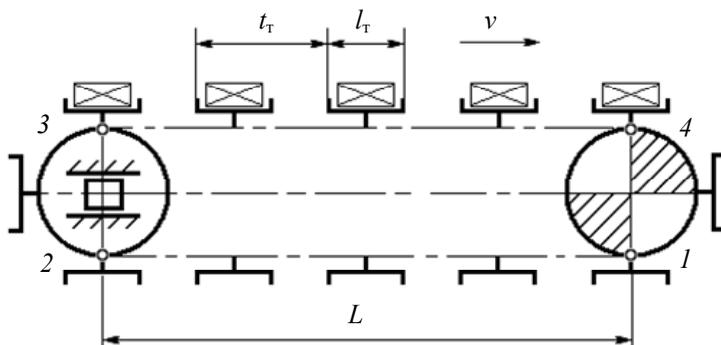


Рис. 3.8. Расчетная схема трассы конвейера

Первая точка, в которой натяжение тягового органа минимально, S_{\min} , располагается в месте сбега цепи с приводной звездочки.

Используя правило обхода вдоль трассы по характерным точкам, находят натяжение во всех других характерных точках.

Правило обхода трассы по характерным точкам выглядит так:

$$S_i = S_{(i-1)} \pm W_{L, i-(i-1)}, \quad (3.10)$$

где S_i – натяжение цепи в искомой точке трассы, Н; $S_{(i-1)}$ – натяжение цепи в предыдущей точке трассы, Н; $W_{L, i-(i-1)}$ – суммарная сила сопротивления на горизонтальном участке трассы между точками i и $(i-1)$, Н.

Величина потерь берется со знаком «плюс», когда обход трассы ведут по ходу движения конвейера, и со знаком «минус», когда обход совершают против движения конвейера.

Учитывая вышеизложенное, натяжение тягового органа в точке 2 будет следующим:

$$S_2 = S_1 + W_{L, 1-2}, \quad (3.11)$$

где $S_1 = S_{\min}$ и принимается, как уже отмечалось, 1000...1500 Н; $W_{L, 1-2}$ – сила сопротивления на участке трассы (1–2), Н.

Участок трассы (1–2) – это прямолинейный горизонтальный участок холостой ветви конвейера. Сила сопротивления на нем определяется так:

$$W_{L, 1-2} = (q_T + kq_{\text{ц}})L\omega, \quad (3.12)$$

где q_T и $q_{\text{ц}}$ – погонные нагрузки от тележки и цепи, Н/м; k – количество тяговых цепей; L – длина горизонтальной проекции участка (1–2), м; ω – коэффициент сопротивления движению тележки на прямолинейных участках трассы (зависит от конструкции катков тележки и принимает значения от 0,03 до 0,08).

Если ходовая часть конвейера без катков, а скользит по настилу, то сила сопротивления – это не что иное, как сила трения, для участка (1–2) определяется по зависимости

$$W_{L, 1-2} = (q_T + kq_{\text{ц}})Lf, \quad (3.13)$$

где f – коэффициент трения скольжения, в расчетах принимается равным 0,12.

Определяем натяжение цепи в точке 3. Так как участок (2–3) криволинейный, натяжение определяется с помощью коэффициента сопротивления на криволинейных участках $\omega_1 = 1 + \omega$:

$$S_3 = S_2\omega_1. \quad (3.14)$$

Определяем натяжение цепи в точке 4:

$$S_4 = S_3 + W_{L, 3-4}. \quad (3.15)$$

Участок (3–4) – прямолинейный горизонтальный участок рабочей ветви конвейера. Сопротивление на нем определяется по зависимости

$$W_{L, 3-4} = (q_{\text{гр}} + q_T + kq_{\text{ц}})L\omega. \quad (3.16)$$

Если же ходовая часть скользит по настилу, то рассчитывается сила трения, т. е. вместо коэффициента сопротивления ω используется коэффициент трения скольжения f .

3.4. ПРОВЕРКА ПРАВИЛЬНОСТИ ВЫБОРА ЦЕПИ

Определив натяжение во всех характерных точках трассы, убеждаемся, что максимальное натяжение S_{\max} получилось в точке 4. По расчетной S_p и разрушающей нагрузке цепи Q_p определяют коэффициент запаса прочности цепи $[n]$ (см. формулу (3.2)).

Если коэффициент запаса прочности цепи получается в пределах $6 < [n] < 15$, это означает, что цепь выбрана правильно. Если $[n] > 15$ – цепь не догружена, и для данного конвейера можно принять цепь с меньшей разрушающей нагрузкой, если таковая имеется.

Если $[n] < 6$, цепь работает с перегрузкой, поэтому необходимо заново выполнить тяговый расчет, приняв по табл. 3.1 цепь с большей разрушающей нагрузкой Q_p .

3.5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ И ПЕРЕДАТОЧНОГО ОТНОШЕНИЯ ПРИВОДНОЙ СТАНЦИИ

Зная натяжение цепи в характерных точках трассы, определяют окружное усиление F_T на ведущей звездочке конвейера:

$$F_T = (S_{\text{наб}} - S_{\text{сб}})\omega_1. \quad (3.17)$$

Для простых трасс (рис. 3.1 и 3.8):

$$S_{\text{наб}} = S_{\max} = S_4; S_{\text{сб}} = S_{\min} = S_1.$$

Вычислив окружную силу F_T (Н) и зная скорость транспортирования груза v (м/с), можно определить мощность (Вт), которую необходимо подводить к валу ведущей звездочки:

$$P_{\text{зв}} = F_T v. \quad (3.18)$$

Зная мощность на валу приводной звездочки, определяют расчетную мощность электродвигателя:

$$P_{\text{р эд}} = \frac{1,25P_{\text{зв}}}{\eta_{\text{пс}}}, \quad (3.19)$$

где $\eta_{\text{пс}}$ – КПД приводной станции. Так как структура приводной станции пока еще неизвестна, то ее КПД можно принимать равным 0,8; 1,25 – коэффициент перегрузки.

Определив $P_{\text{рэд}}$, переходят непосредственно к подбору электродвигателя. Для приводных станций конвейеров рекомендуется применять трехфазные асинхронные электродвигатели. Подбор электродвигателя осуществляют по каталогу, в котором указывается номинальная мощность электродвигателей $P_{\text{эд}}$, соблюдая условие $P_{\text{эд}} \geq P_{\text{рэд}}$.

Частоту вращения вала электродвигателя $n_{\text{эд}}$ рекомендуется выбирать в пределах от 750 до 1500 об/мин.

Выбрав типоразмер электродвигателя, его мощность и номинальную частоту вращения вала, приступают к определению передаточного отношения приводной станции по формуле (3.1).

Частоту вращения ведущей звездочки $n_{\text{зв}}$ (об/мин) можно определить по формуле

$$n_{\text{зв}} = \frac{60v}{\pi D_{\text{зв}}}, \quad (3.20)$$

где v – скорость транспортирования груза, м/с; $D_{\text{зв}}$ – диаметр делительной окружности звездочки, м.

Диаметр звездочки определяют по формуле (3.3), рассчитав число зубьев звездочки по выражению (3.4).

3.6. ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ТЯГОВОГО РАСЧЕТА ЭЛЕВАТОРА

Цель работы. Ознакомление с устройством и принципом работы тележечных конвейеров, выполнение тягового расчета конвейера.

Оборудование. Макет тележечного конвейера.

Исходные данные для выполнения тягового расчета тележечного конвейера приведены в табл. 3.2. Трасса конвейера аналогична приведенной на рис. 3.1. Точка с минимальным натяжением тягового органа S_{min} совпадает с характерной точкой 1.

Верхняя ветвь конвейера участок (3–4) – рабочая, т. е. груженная, а нижняя – участок (1–2) – холостая, т. е. не нагруженная.

Количество грузов в тележке n равно единице.

Таблица 3.2

Исходные данные для расчета тележечного конвейера

Техническая характеристика	Вариант				
	1	2	3	4	5
Масса груза $m_{гр}$, кг	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5
Ориентировочный шаг тележек t_T , м	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70
Размеры тележки $l_T \times b_T \times c_T$, м	0,28 × 0,20 × 0,05	0,18 × 0,15 × 0,10	0,30 × 0,22 × 0,10	0,24 × 0,20 × 0,10	0,26 × 0,18 × 0,05
Скорость транспортирования груза v , м/мин	0,60	0,75	0,70	0,80	0,50
Высота конвейера h , м	0,85	0,80	0,90	0,70	0,75
Длина конвейера L , м	20	25	30	35	40
Масса тележки m_T , кг	1,12	0,85	1,22	0,97	1,18

3.7. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с макетом тележечного конвейера, устройством его основных узлов и деталей, принципом работы.
2. Составить эскиз общего вида макета конвейера. Определить тип данного конвейера.
3. Составить эскиз ходовой части конвейера, на котором показать характер соединения тележек с цепью.
4. Начертить схему натяжного устройства, примененного в макете конвейера и схему приводной станции.
5. Начертить расчетную схему конвейера с указанием характерных точек и всех геометрических параметров.
6. По указанию преподавателя выбрать один из вариантов задания для выполнения тягового расчета конвейера.
7. Оформить отчет, в котором сделать необходимые пояснения на все выполняемые расчеты.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие типы тележечных конвейеров используются в различных отраслях промышленности?
2. Назначение и структура приводной станции.
3. Назначение и виды натяжных устройств.
4. Какие цепи применяют в тележечных конвейерах? Назовите основные характеристики цепи.
5. В чем заключается методика подбора цепи по разрушающей нагрузке?
6. Из каких участков состоит трасса конвейера?
7. Где на трассе конвейера располагается точка с минимальным натяжением?
8. Как определяется передаточное отношение приводной станции? Какие выводы можно сделать из величины передаточного отношения?
9. Что понимается под термином «погонная нагрузка»? Как определяются погонные нагрузки?
10. Как рассчитываются сопротивления на участках трассы конвейера?
11. Как определяются натяжения в характерных точках трассы?
12. Какова цель выполнения тягового расчета конвейера?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Надежность прогноза качества технологического оборудования / С.В. Птицын, В.Ю. Скиба, Ю.С. Чесов, Е.В. Мережко // *Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты)*. – 2013. – № 2. – С. 33–38.
2. Интегральная обработка как эффективное направление решения задачи перехода к ресурсосберегающим технологиям / В.Ю. Скиба, В.В. Иванцовский, Н.П. Зуб, С.В. Туревич // *Инновационная деятельность*. – 2010. – № 1 (10). – С. 66–69.
3. Новая высокопроизводительная и ресурсосберегающая интегральная обработка / В.Ю. Скиба, В.В. Иванцовский, Н.П. Зуб, С.В. Туревич // *В мире научных открытий*. – 2010. – № 2–3. – С. 91–93.
4. Определение основных параметров технологического оборудования / Ю.И. Подгорный, Т.Г. Маргынова, В.Ю. Скиба, В.Н. Пушкин, Н.В. Вахрушев, Д.Ю. Корнев, Е.К. Зайцев // *Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты)*. – 2013. – № 3 (60). – С. 68–73.
5. Выбор конструктивных параметров несущих систем машин с учетом технологической нагрузки / Ю.И. Подгорный, В.Ю. Скиба, А.В. Кириллов, О.В. Максимчук, Д.В. Лобанов, В.Р. Глейм, А.К. Жигулев, О.В. Саха // *Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты)*. – 2015. – № 4 (69). – С. 51–60. – DOI: 10.17212/1994-6309-2015-4-51-60.
6. Моделирование несущих систем технологических машин / Ю.И. Подгорный, В.Ю. Скиба, А.В. Кириллов, В.Н. Пушкин, И.А. Ерохин, Д.Ю. Корнев // *Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты)*. – 2014. – №2 (63). – С. 91–99.
7. Integration of production steps on a single equipment / V. Skeebea, V. Pushnin, I. Erohin, D. Kornev // *Materials and Manufacturing Processes*. – 2015. – Vol. 30, iss. 12. – P. 1408–1411. – doi: 10.1080/10426914.2014.973595.
8. Прогнозирование технических характеристик интегрального технологического оборудования / В.Н. Пушкин, Д.Ю. Корнев, Н.В. Вахрушев, В.Ю. Скиба, К.А. Парц // *Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки*. – 2014. – Т. 2. – С. 97–101.
9. *Спиваковский А.О.* Транспортирующие машины: учебное пособие для машиностроительных вузов / А.О. Спиваковский, В.К. Дьяков. – М.: Машиностроение, 1983. – 487 с.
10. *Эрлих В.Д.* Подъемно-транспортные устройства в легкой промышленности / В.Д. Эрлих. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. – 232 с.
11. *Андреевков Е.В.* Транспортирующие машины легкой промышленности. – М.: Колос, 2005.
12. *Скиба В.Ю.* Актуальные проблемы в машиностроении: сборник материалов первой международной научно-практической конференции // *Хроники объединенного фонда электронных ресурсов Наука и образование*. 2014. – № 11 (66). – С. 83.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
1. Ленточный конвейер	4
1.1. Общие сведения о ленточных конвейерах.....	4
1.2. Основные элементы ленточного конвейера, их выбор и расчет.....	5
1.3. Тяговый расчет конвейера	8
1.4. Определение мощности электродвигателя и передаточного отношения приводной станции	11
1.5. Варианты заданий для выполнения тягового расчета ленточного конвейера.....	12
1.6. Порядок выполнения работы	13
Контрольные вопросы	13
2. Люлечный конвейер (элеватор)	14
2.1 Общие сведения о люлечных элеваторах	14
2.2. Основные элементы люлечного элеватора, их устройство и назначение	15
2.3. Определение погонных нагрузок и тяговый расчет элеватора.....	25
2.4. Проверка правильности выбора цепи	28
2.5. Определение мощности электродвигателя и передаточного отношения приводной станции	28
2.6. Варианты заданий для выполнения тягового расчета элеватора.....	29
2.7. Порядок выполнения работы	30
Контрольные вопросы	31
3. Тележечный конвейер	32
3.1. Общие сведения о тележечных конвейерах	32

3.2. Основные узлы тележечного конвейера, их устройство и назначение	34
3.3. Определение погонных нагрузок и тяговый расчет конвейера	40
3.4. Проверка правильности выбора цепи	44
3.5. Определение мощности электродвигателя и передаточного отношения приводной станции	44
3.6. Варианты заданий для выполнения тягового расчета элеватора.....	45
3.7. Порядок выполнения работы	46
Контрольные вопросы	47
Библиографический список	48

**Подгорный Юрий Ильич
Скиба Вадим Юрьевич
Зверев Егор Александрович
Мартынова Татьяна Геннадьевна**

ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

КОНВЕЙЕРЫ

Учебно-методическое пособие

Редактор *Л.Н. Ветчакова*
Выпускающий редактор *И.П. Брованова*
Корректор *И.Е. Семенова*
Компьютерная верстка *Л.А. Веселовская*

Налоговая льгота – Общероссийский классификатор продукции
Издание соответствует коду 95 3000 ОК 005-93 (ОКП)

Подписано в печать 18.11.2016. Формат 60 × 84 1/16. Бумага офсетная. Тираж 100 экз.
Уч.-изд. л. 3,02. Печ. л. 3,25. Изд. № 243. Заказ № 1631. Цена договорная

Отпечатано в типографии
Новосибирского государственного технического университета
630073, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20