

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского
«Харьковский авиационный институт»

А.Н. Колоскова, В.Н. Кравец, Д.А. Бетин, Н.М. Московская

КОНСТРУКЦИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ
ТРАНСПОРТИРУЮЩИХ МАШИН

Харьков «ХАИ» 2014

УДК 621.867 (075.8)

Колоскова А.Н. Конструкция и проектирование транспортирующих машин / А.Н. Колоскова, В.Н. Кравец, Д.А. Бетин, Н.М. Московская. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2014. - 62 с.

Изложены особенности конструкции и общие расчеты механизмов транспортирующих машин (винтового и пластинчатого конвейеров, ковшовых элеваторов), методика выбора электродвигателя и расчеты наиболее характерных специальных деталей транспортных машин. Описаны этапы последовательности проектирования.

Для студентов специальности «Машины и технологии упаковки»

Ил. 29. Табл. 18. Библиогр.: 4 назв.

Викладено особливості конструкції та загальні розрахунки механізмів транспортуючих машин (гвинтового та пластинчатого конвеєрів, ковшових елеваторів), методика вибору електродвигуна і розрахунки найбільш характерних спеціальних деталей транспортуючих машин. Описано етапи послідовності проектування.

Для студентів спеціальності «Машины і технології пакування»

Ил. 29. Табл. 18. Бібліогр.: 4 найм.

Рецензенты:

© Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского
«Харьковский авиационный институт» 2014

© А.Н. Колоскова, В.Н. Кравец, Д.А. Бетин, Н.М. Московская

Оглавление

Введение	4
1. ВИНТОВОЙ КОНВЕЙЕР	5
1.1 Общее устройство и конструкция винтовых конвейеров.....	5
1.2 Проектирование винтового конвейера	13
1.3 Последовательность расчета винтового конвейера.	18
2. ПЛАСТИНЧАТЫЕ КОНВЕЙЕРЫ.....	19
2.1 Общее устройство и конструкция пластинчатых конвейеров	19
2.2 Проектирование пластинчатого конвейера.....	25
2.3 Последовательность расчета пластинчатого конвейера.	34
3. ЭЛЕВАТОРЫ КОВШОВЫЕ	36
3.1 Общее устройство и конструкция ковшовых элеваторов	36
3.2 Способы наполнения и разгрузки ковшей. Расчет траектории выбрасывания груза из ковша.	44
3.3 Расчет элеваторов	52
3.3 Последовательность расчета элеватора.....	60
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	62

Введение

Транспортирующие машины являются неотъемлемой частью современного производства, так как с их помощью осуществляется механизация основных технологических процессов и упаковочных работ.

Они перемещают груз по заранее определенной трассе. Это облегчает совмещение транспортирования с распределением грузов по заданным пунктам, накоплением и складированием их, выполнением в необходимом ритме технологических операций с грузами.

Увеличение производительности и улучшения технико-экономических показателей транспортных машин, повышение их прочности, надежности и долговечности неразрывно связано с применением правильных методов расчета и конструирования.

Инженер должен обладать знаниями, необходимыми для выполнения основных расчетов транспортных машин, и уметь обоснованно подобрать и в комплексе оборудования. При выполнении курсового проекта реальной машины студентам приходится анализировать условия работы, составлять кинематические схемы механизмов, правильно компоновать узлы и машины, вычислять нагрузки, действующие на элементы машин, определять производительность машин, мощность приводов, пасчитывать на прочность и долговечность узлы и детали, металлоконструкцию, исследовать оптимальные параметры машины и отдельные ее узлы, определять технико-экономическую эффективность от приминения выбранного комплекса оборудования.

В данном пособии наряду с описанием устройства и принципов действия транспортирующих машин большое внимание уделено их теории, вопросам конструирования и методам расчета.

1. ВИНТОВОЙ КОНВЕЙЕР

1.1 Общее устройство и конструкция винтовых конвейеров

Винтовой конвейер стационарного общего назначения предназначается для транспортирования сыпучих, мелкокусковых, вязких и тестообразных материалов на расстояние до 30...40м. По виду трассы различают горизонтальные, наклонные и вертикальные конвейеры. Горизонтальный конвейер (рис. 1.1) состоит из желоба (трубы) 7 в котором вращается винт 11; вал винта поддерживается двумя концевыми подшипниками 5, 10 и промежуточными подвесными подшипниками 8. Привод конвейера включает электродвигатель 1, редуктор 3 и две муфты 2, 4. Конвейер загружают через загрузочный патрубок 9, а разгружают через концевой разгрузочный патрубок 12, 13 напротив которого размещают смотровой люк 6.

Принцип действия винтового конвейера основывается на использовании вращающегося винта, спиральная часть которого, способна перемещать материал, расположенный в полостях между корпусом и винтом. Такая технологическая схема обладает компактностью и имеет высокий коэффициент полезного действия, что делает винтовые конвейеры экономичным оборудованием. Простая конструкция позволяет изготавливать специализированные модели винтовых конвейеров, для любых производственных условий и материалов. Существуют две кинематические схемы работы винтового конвейера: тянущая – когда привод расположен со стороны разгрузки, и толкающая – когда вращение передаётся шнеку со стороны загрузочной горловины. Каждая схема имеет свои случаи применения, и в значительной степени определяется физическими свойствами материала, видом используемого винта и возможностью технического обслуживания привода. Корпус шнека обычно состоит из отдельных секций, соединённых между собой болтами. У большинства шнеков он имеет форму цилиндра, на торцах которого

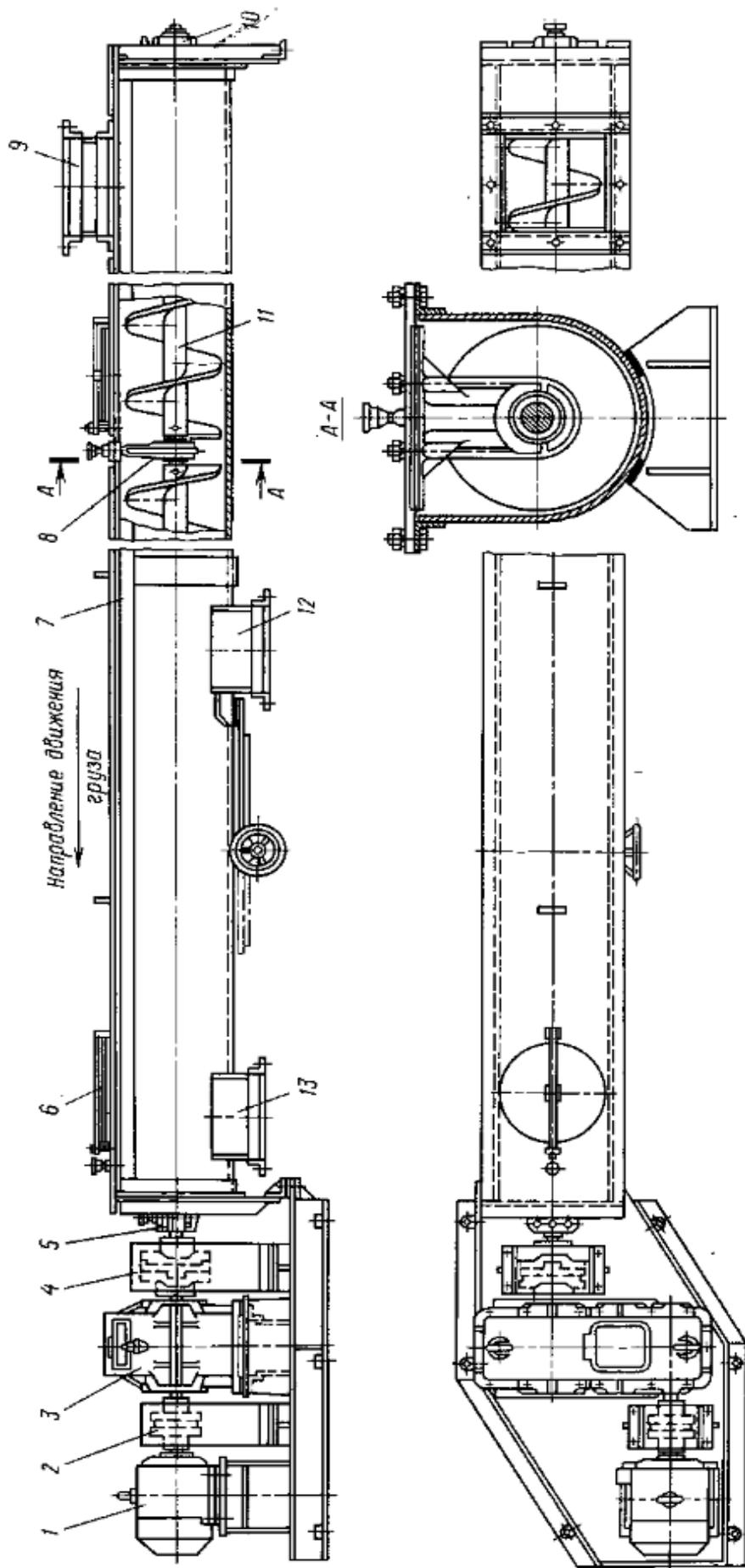


Рисунок 1.1 Винтовой конвейер

расположены фланцы для соединения секций между собой или установки торцевых стенок с уплотнительными и подшипниковыми узлами. Корпус винтового конвейера изготавливают из листовой стали толщиной 3...6 мм. Для транспортирования абразивных и горячих (до +200^oC) грузов применяют желоба из чугуна, а для легких неабразивных грузов – из дерева с внутренней обшивкой листовой сталью. На наружной поверхности корпуса шнека устанавливают проушины или рым-болты для строповки и крепления изделия.

Загрузка и выгрузка материала осуществляется через соответствующие патрубки, количество которых определяется особенностями эксплуатации. Форма, размеры и исполнение патрубков может быть разнообразным и зависит от назначения винтового конвейера. Под загрузочным патрубком расположен инспекционный люк, для очистки шнека при засоре. К торцу патрубка приварен фланец, необходимый для жёсткого соединения шнека с затворами и другими элементами транспортной цепи. Для подачи волокнистых и малоподвижных материалов загрузочную горловину изготавливают в виде бункера, в которую устанавливают ворошитель и/или датчик наличия продукта.

Основным элементом любого винтового конвейера является подающий винт (шнек). Форма и исполнение подающего винта левым направлением спирали, одно-, двух- или трехзаходным.

Сплошной винт состоит из трубы, с приваренным по спирали пером, кромка которого образует небольшой зазор с внутренней стенкой корпуса шнека. Винт подвергают обязательной балансировке, чтобы избежать нежелательных вибраций и шумов при работе. Шаг винтовой линии спирального шнека непостоянен по его длине: в зоне загрузки шаг выполняют более мелким, чем в основной транспортной зоне.

Сплошной шнековый винт (рис. 1.2) используется для транспортировки материалов обладающих высокой подвижностью.

Ленточный винт состоит из трубы, на которой, через промежуточные рёбра, смонтирована широкая лента. Подающий винт такого исполнения используется:

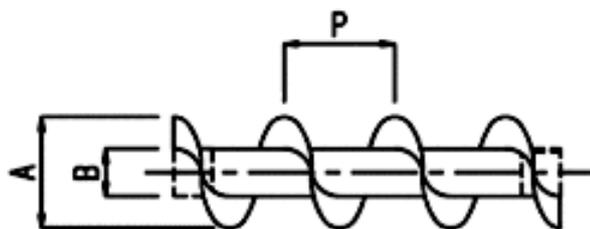


Рисунок 1.2. Сплошной винт.

1. для подачи вязких, густых порошков или связующих материалов, которые могут прилипнуть к винту на соединении с валом;
2. для подачи кусковых материалов, таких как известняк и гравий;
3. для быстрых дозирующих конвейеров, когда требуется хорошее извлечение.

Ленточные винты (рис. 1.3) без центральной оси используются для транспортировки сложных разнородных, вязких или штучных продуктов. Они могут иметь крепления с обоих концов или только с одной стороны, при этом торец пера ленточного винта будет скользить по днищу корпуса винтового конвейера.

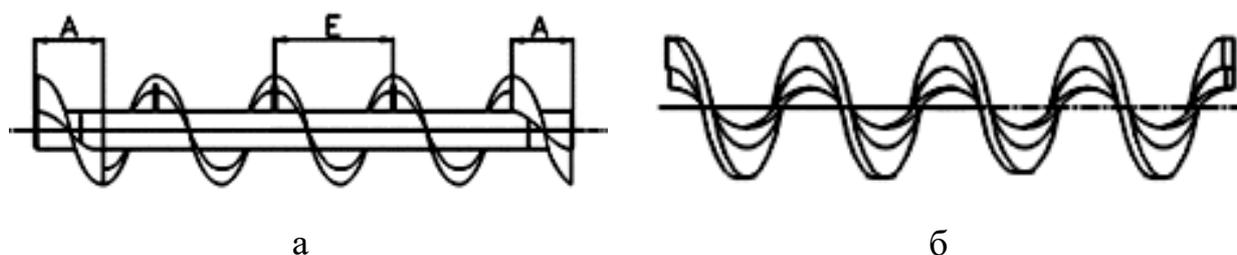


Рисунок 1.3. Ленточный винт: а – осевой; б - безосевой

Лопастные винты (рис. 1.4) используются на шнеках, которые помимо транспортирования должны осуществлять предварительное перемешивание продукта. Часто шнеки такой формы используются для создания многовальных транспортных систем.

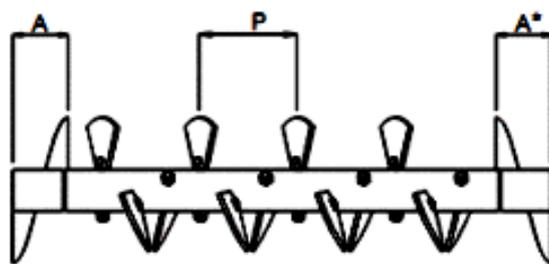


Рисунок 1.4. Лопастной винт.

Для материалов имеющих плохую подвижность и высокую слёживаемость могут использоваться подающие винты со специальной формой пера (рис. 1.5).



Рисунок 1.5. Специальный шнек.

Для транспортировки материалов, обладающих высокой абразивностью, кромку шнекового пера упрочняют посредством нанесения специального износостойкого покрытия (рис. 1.6).

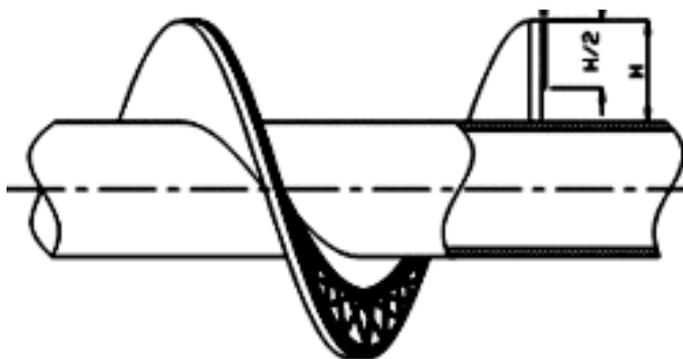


Рисунок 1.6 Упрочнение пера шнека.

Винтовые конвейеры часто используются для объёмного дозирования сыпучих материалов. Основной проблемой такой эксплуатации, является сложность в достижении точного дозирования, вызванная волнообразностью подачи материала. Для повышения равномерности подачи продукта, на

разгрузочном конце шнека устанавливают специальное приспособление – дозирующий винт, который имеет многозаходную спираль с малым шагом (рис. 1.7).

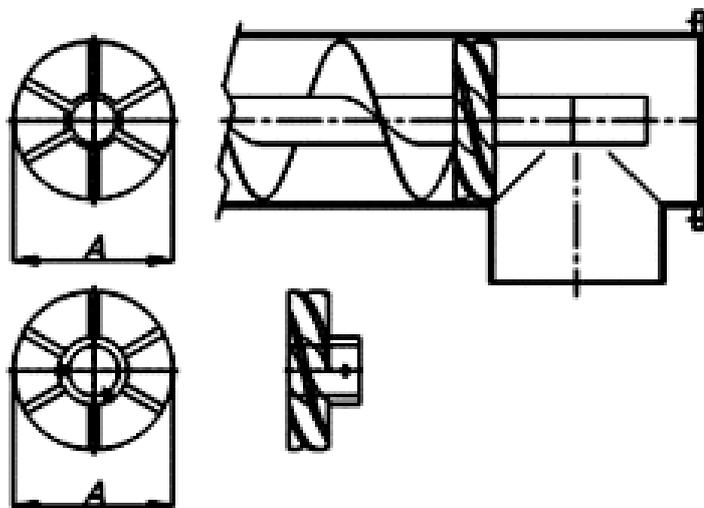


Рисунок 1.7. Дозирующий винт шнека.

При работе с жидкими или высокоподвижными продуктами, а также при использовании шнеков, имеющих наклон в сторону выгрузки, часто наблюдается эффект сифонирования, то есть истечение продукта при остановленном шнеке. Для снижения этого эффекта используют специальное приспособление, которое крепится на валу шнекового конвейера в конце винтового пера перед выходным патрубком (рис. 1.8).

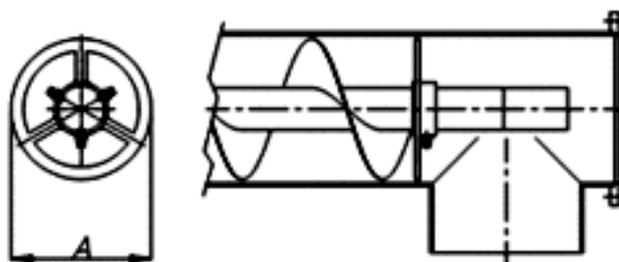


Рисунок 1.8. Шнек для подачи жидких материалов.

Вал винта имеет концевые и промежуточные (подвесные) опоры.

Витки полностенного и ленточного винта изготавливают штамповкой из стального листа или полосы, а затем приваривают к валу. Спираль

ленточного и лопасти лопастного укрепляют на стерженьках, пропускаемых через просверленные в валу отверстия.

Вал винта состоит, для удобства сборки, из отдельных секций. Длина секции 2...4 метра. Вал может быть сплошным или трубчатым. Трубчатые валы имеют меньшую массу и их более удобно скреплять между собой с помощью вставляемых по концам коротких соединительных валиков. Вал винта лежит в промежуточных и концевых подшипниках. Они служат для поддержки центральной оси подающего винта и передачи крутящего момента.

Промежуточные подшипники (рис. 1.9) подвешиваются сверху на укрепленных на трубе поперечных планках.

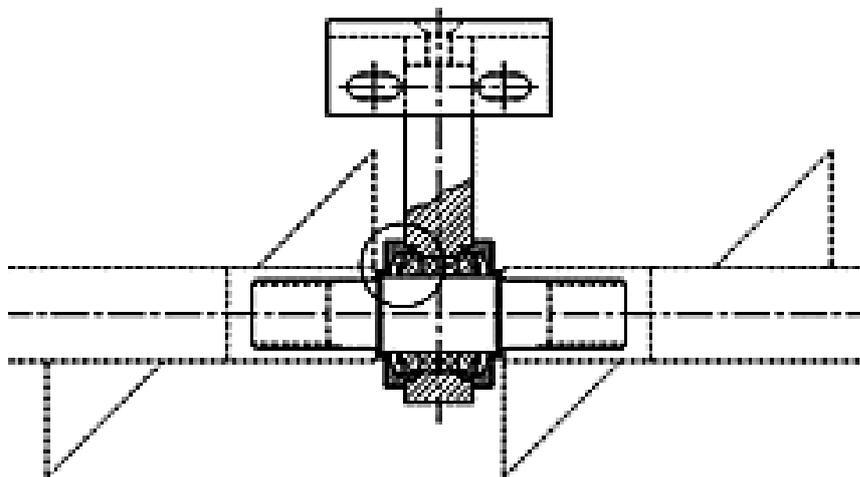


Рисунок 1.9 Промежуточная опора винта.

Они должны иметь по возможности малые диаметр и длину (т.к. витки винта на эту длину приходится прерывать), а так же надежное уплотнение во избежание загрязнения частицами груза. Нередко это подшипники скольжения, в которых вращаются соединительные валики. Смазка к таким подшипникам подводится по трубкам от пресс-масленок, расположенных сверху на планках. Промежуточные опоры шнеков для пищевой промышленности изготавливаются с самосмазывающимися (подшипники качения), и в отличии от прочих, не требуют обслуживания. Замена

вышедших из строя промежуточных опор осуществляется через ревизионные люки, расположенные под каждой опорой.

Одна концевая опора (рис. 1.10) должна иметь упорный подшипник, который воспринимает продольное усилие. Упорный подшипник обычно устанавливается на разгрузочном конце конвейера так, что бы винт работал на растяжение.

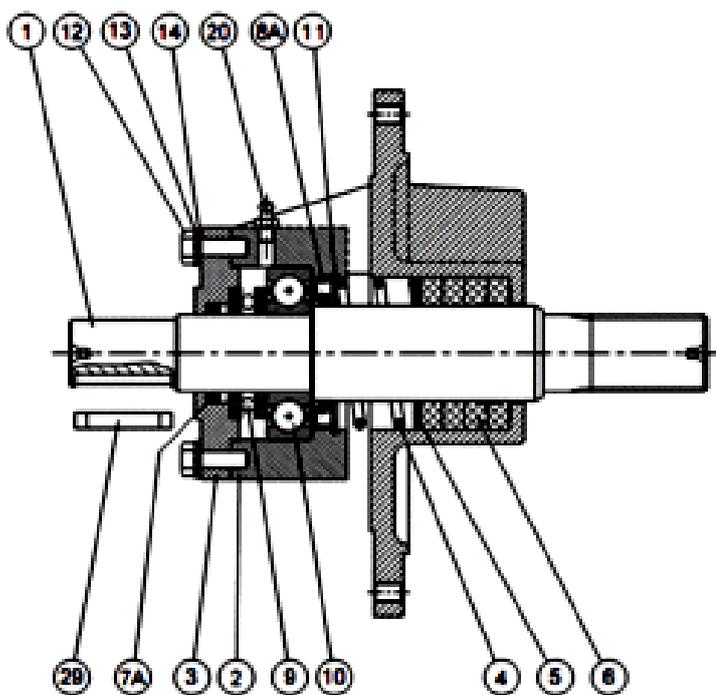


Рисунок 1.10 Концевая опора винта (подшипниковый узел и уплотнение вала шнека).

Для обеспечения герметичности шнека и предотвращения попадания частиц подаваемого продукта в подшипниковые узлы, вал подающего винта имеет надёжные уплотнения. С целью снижения вероятности выхода из строя подшипников, при катастрофическом износе уплотнений, подшипниковый и уплотнительный узлы реализованы в различных корпусах. Уплотнения вала имеют возможность ручной регулировки, а по специальному заказу они изготавливаются с пневматической системой продувки.

Вращение винта, как правило, осуществляется через компактный двухступенчатый цилиндрический редуктор. Редуктор соединён со шнеком надёжным шлицевым соединением, и шпоночным соединением с электродвигателем. Передаточное число редуктора выбирается в зависимости от требуемой скорости вращения и производительности винтового конвейера. В момент включения шнека, на выходном валу редуктора возникает большой крутящий момент, который может стать причиной выхода из строя редуктора. Предохранительная муфта специальной конструкции позволяет обезопасить привод шнека в подобных случаях. Помимо зубчатых редукторов, в качестве понижающей передачи может использоваться цепная или ремённая передача.

Электродвигатели шнеков имеют фланцевое исполнение и предназначены для эксплуатации при температуре от -25° до $+40^{\circ}\text{C}$. Мощность двигателя определяется на основе сведений о транспортируемом материале, геометрических параметрах шнека, характеристиках редуктора и требуемой производительности.

1.2 Проектирование винтового конвейера

Исходными данными для проектирования шнекового конвейера являются:

- производительность Q , т/ч;
- длина L , м;
- угол наклона β , град
- транспортируемый груз

Производительность винтового конвейера зависит от многих параметров и рассчитывается по формуле

$$Q = 60 \frac{\pi D^2}{4} t n_g \rho \psi c_{\beta} \quad (1.1)$$

где D – диаметр винта, м; t – шаг винта, мм; n_e – частота вращения винта, об/мин; ρ – плотность транспортируемого материала, т/м³; ψ – коэффициент наполнения поперечного сечения желоба (табл. 1.1); c_β – поправочный коэффициент, зависящий от угла наклона конвейера (табл. 1.2).

Таблица 1.1. Значения расчетных коэффициентов A , ψ , ω_0

Группа грузов	Примеры грузов	Расчетные коэффициенты		
		A	ψ	ω_0
Легкие неабразивные	Зерновые продукты, мука, древесина, опилки	65	0,4	1,2
Легкие малоабразивные	Мел, угольная пыль, асбест, торф, сода	50	0,32	1,6
Тяжелые малоабразивные	Соль, кусковой уголь, глина сухая	45	0,25	2,5
Тяжелые абразивные	Цемент, зола, песок, глина сырая, дробленая руда, шлак	30	0,125	4,0

Примечание. Коэффициент наполнения ψ во избежание скопления груза у промежуточных подшипников принимают относительно небольшим; он зависит от свойств насыпных грузов.

Таблица 1.2. Значения коэффициента c_β .

β	0	5	10	15	20
c_β	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6

Примечание. На наклонных винтовых конвейерах с движением груза вверх производительность уменьшается с возрастанием угла наклона, особенно при наличии промежуточных подшипников.

Шаг винта выбирают в зависимости от свойств транспортируемого груза: для сравнительно легко перемещаемых грузов

$$t=D, \quad (1.2)$$

для трудно перемещаемых грузов шаг винта уменьшают

$$t=(0,8\dots 1,0)D \quad (1.3)$$

или применяют двух-, трехзаходные винты.

Частота вращения винта выбирают в зависимости от рода перемещаемого груза и диаметра винта; она должна обеспечить спокойное, без пересыпаний через вал продвижение груза; частота уменьшается с увеличением диаметра винта, плотности и абразивности груза (табл. 1.3).

Таблица 1.3. Рекомендуемая частота вращения винта n_{ϵ} , об/мин

Диаметр винта, мм	$n_{\epsilon \cdot min}$	$n_{\epsilon \cdot max}$
150	23,6	150
200	23,6	150
250	23,6	118
300	19	118
400	19	95
500	19	95
600	15	75

Частота вращения должна удовлетворять условию $n_{\epsilon} \leq n_{\epsilon \cdot max}$. Наибольшую допускаемую частоту вращения винта можно определить по эмпирической формуле

$$n_{\epsilon \cdot max} = A/\sqrt{D} \quad (1.4)$$

где: A – коэффициент (табл. 1.1).

Скорость транспортирования, м/с

$$v = tn/60 \quad (1.5)$$

На этом этапе значение D выбирают ориентировочно.

Значение диаметра определяют из формулы (1) и назначают с учетом диаметров по ГОСТ 2037-75: 0,1; 0,125; 0,16; 0,2; 0,25; 0,32; 0,4; 0,5; 0,63; 0,8.

Диаметр винта по крупности транспортируемого груза должен удовлетворять условию: для сортированных

$$D \geq (10..12)a'; \quad (1.6)$$

для несортированных грузов

$$D \geq (4..6)a_{\max}, \quad (1.7)$$

где: a_{\max} – наибольший размер кусков груза, мм; a' – размер кусков сортированного груза.

Общее сопротивление движению груза на винтовом конвейере складывается из сил трения груза о желоб и о поверхность винта, сопротивления в промежуточных и концевых подшипниках (включая и упорный подшипник), а так же сопротивления подъему при перемещении вверх по наклону. Поэтому при определении мощности двигателя используют полученный опытным путем общий коэффициент сопротивления ω_0 , зависящий главным образом от свойств перемещаемого груза. Мощность на валу винта:

$$N_0 = \frac{n_y Q}{367} (L\omega_0 \pm H) \quad (1.8)$$

где $n_y=1,2$ – коэффициент запаса; L – длина конвейера, м; ω_0 – коэффициент сопротивления движению (табл. 1.1); H – высота подъема конвейера, м.

Знак «плюс» и «минус» - соответственно при подъеме и спуске груза.

Мощность двигателя рассчитывается по формуле

$$N_p = N_0 / \eta_m \quad (1.9)$$

По каталогу выбираем ближайший по мощности электродвигатель ($N_{\text{дв}}$ – мощность электродвигателя, $n_{\text{дв}}$ – количество оборотов на валу двигателя).

Передаточное число редуктора рассчитывается по формуле

$$u_{p.p} = n_{\text{дв}} / n_e \quad (1.10)$$

По каталогу выбираем редуктор с ближайшим передаточным отношением (u_p) и уточняем число оборотов винта

$$n_v = n_{ос} / u_p \quad (1.11)$$

Крутящий момент на валу винта

$$M_{кр} = 975 \frac{N_0}{n_v} \quad (1.12)$$

Действующая на винт осевая сила

$$P_0 = \frac{M_{кр}}{r_0 \operatorname{tg}(\alpha + \rho)} \quad (1.13)$$

где r_0 – радиус на котором приложена осевая сила $r_0 = (0,7 \dots 0,8) \frac{D}{2}$; α – угол

подъема винтовой линии $\operatorname{tg} \alpha = \frac{t}{2\pi r_0}$; ρ – приведенный угол трения

перемещаемого груза о поверхность винта $\operatorname{tg} \rho = f$, где f – коэффициент трения перемещаемого груза о поверхность винта.

Поперечная нагрузка на участок винта между двумя опорами

$$F_{попер} = \frac{2M_{кр}l}{kDL} \quad (1.14)$$

где l – расстояние между опорами вала винта; k – коэффициент, учитывающий, что сила приложена на среднем диаметре винта $k=0,7 \dots 0,8$; L – общая длина вала винта.

Вал винта рассматривается как разрезной и рассчитывается на скручивание моментом $M_{кр}$, растяжение или продольное сжатие силой P_0 , изгиб от распределенной по длине l поперечной нагрузки $F_{попер}$ и изгиб под действием собственного веса на длине l

Винт проверяют на деформацию изгиба, причем прогиб винта не должен превышать 40% зазора между винтом и желобом.

1.3 Последовательность расчета винтового конвейера.

1. Проработка задания

Для заданного груза обосновать: размер куска груза a' - для сортированного и a_{max} – для не сортированного груза, мм; плотность груза ρ , т/м³. Построить расчетную схему конвейера

2. Определение необходимого диаметра винта

Подставляя в формулу (1.1) значение шага (1.2) или (1.3) и частоты вращения винта (1.4) определить его диаметр. В дальнейшем значение частоты вращения винта может быть скорректировано по таблице 1.3. В зависимости от типа груза полученный диаметр винта должен удовлетворять условию (1.6) или (1.7)

3. Необходимая мощность на валу винта

Необходимая мощность определяется по формуле (1.8)

4. Определение мощности двигателя и подбор двигателя и редуктора

Мощность двигателя определяется по формуле (1.9), передаточное число между валом двигателя и редуктором (1.10), подбирается по каталогу редуктор и уточняем частоту вращения винта (1.11).

5. Расчет нагрузок действующих на вал винта

Крутящий момент рассчитывается по формуле (1.12), осевое усилие на винт (1.13), Поперечная нагрузка на участок винта между двумя опорами (1.4).

6. Расчет вала винта

Если винт имеет две опоры (концевые) то он рассчитывается как статически определимая балка на двух опорах. Если винт имеет промежуточные опоры то он рассчитывается как статически неопределимая балка.

2. ПЛАСТИНЧАТЫЕ КОНВЕЙЕРЫ

2.1 Общее устройство и конструкция пластинчатых конвейеров

Пластинчатые конвейеры предназначены для транспортирования остrokромочных или горячих материалов, кусковых или штучных грузов. Конвейер (рис. 2.1) имеет ходовую часть с двумя тяговыми цепями 3, снабженными в каждом шарнире опорными катками. Цепи приводятся в движение приводными звездочками 7 от электродвигателя 11 через редуктор 12 и открытую зубчатую передачу 9. На противоположном конце конвейера установлены натяжные звездочки 10 с натяжным устройством 1. Катки тяговых цепей катятся по направляющим путям (рельсам) 6, прикрепленным к станине 5. Настил 4 конвейера образован из бортовых (лотковых) пластин. Конвейер загружают в любом месте рабочей ветви через одну или несколько рядом расположенных загрузочных воронок 2, а разгружают через концевую разгрузочную коробку с разгрузочной воронкой 8.

Пластинчатые конвейеры различаются в основном конструкцией настила, тип которого выбирается в зависимости от вида транспортируемого груза.

Плоский разомкнутый (ПР) (рис. 2.2,а) применяется для транспортирования штучных грузов

Плоский сомкнутый (ПС) (рис. 2.2,б) и безбортовой волнистый (В) (рис. 2.2,в) применяются для транспортирования штучных и насыпных (кусковых) грузов

Бортовой волнистый (БВ) (рис. 2.2,г) применяется для транспортирования насыпных и штучных грузов.

Коробчатый мелкий (КМ) (рис. 2.2,д) и коробчатый глубокий (КГ) применяется для транспортирования насыпных грузов.

В пластинчатых конвейерах применяют так же настилы с гнездами для круглых изделий (рис. 2.2,е), с выпуклыми пластинами (рис. 2.2,ж), облегчающими очистку дна, и др.

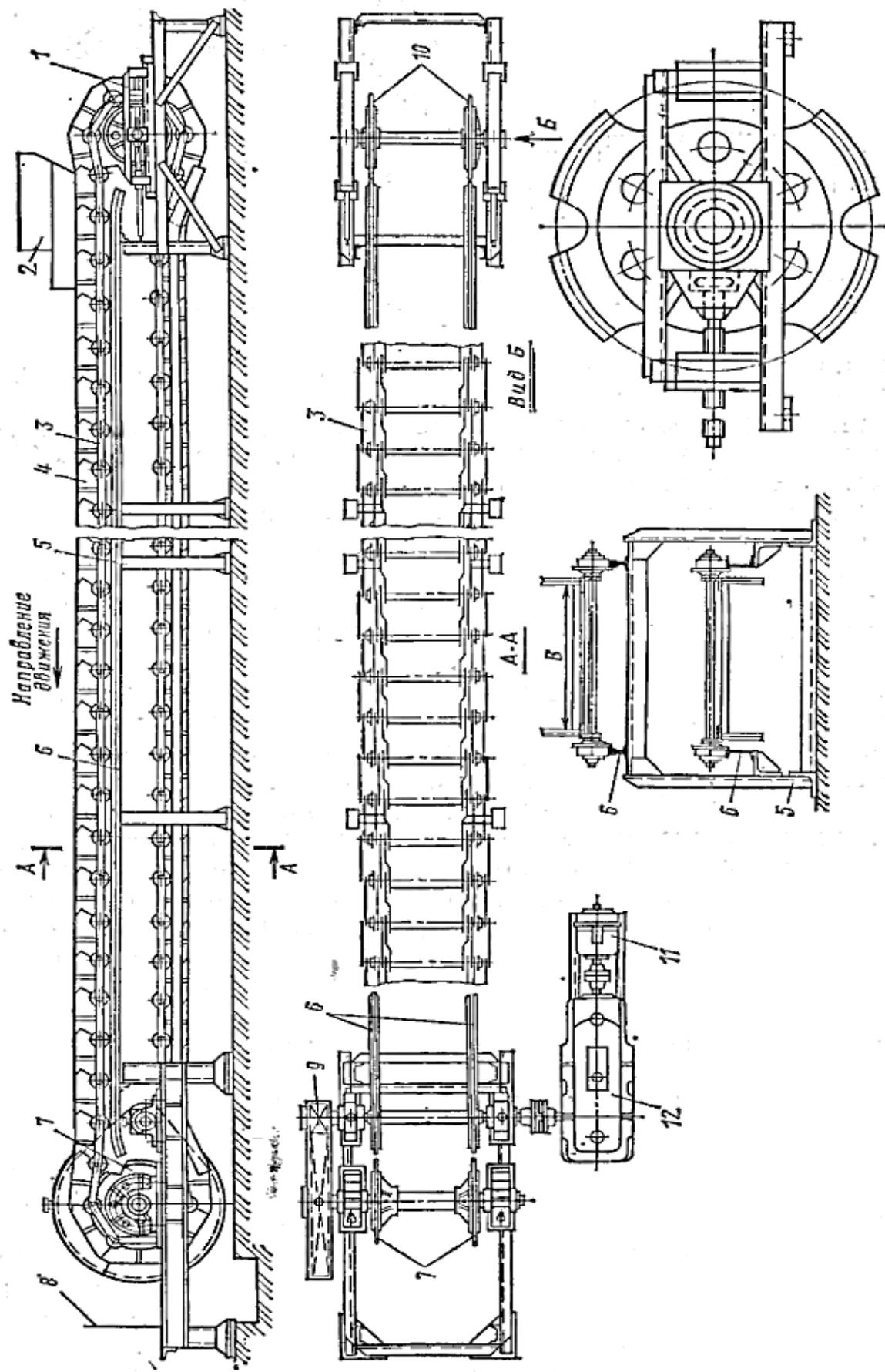


Рисунок 2.1 Пластинчатый конвейер общего назначения

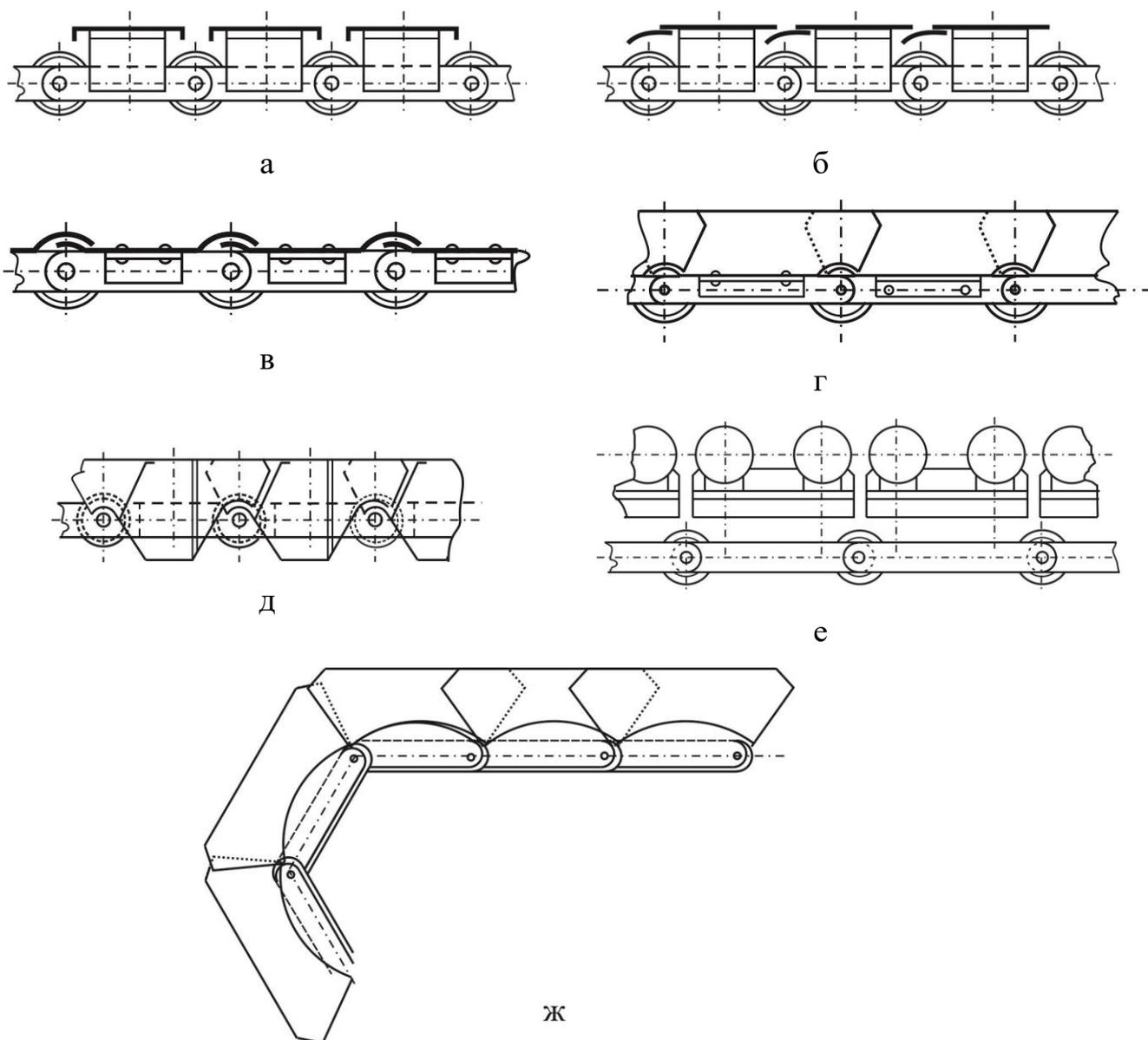


Рисунок 2.2 Настилы: а – плоский разомкнутый; б – плоский сомкнутый; в – безбортовой волнистый; г – бортовой волнистый настил; д – коробчатый мелкий; е – плоский с гнездами для круглых грузов; ж – с выпуклыми пластинами.

Плоский (гладкий) настил изготавливают иногда из деревянных планок или полимерных материалов, но преимущественное применение получили стальные штампованные и штамповарные настилы. Жесткость пластин повышают штамповкой ребер и приваркой поперечных перегородок. Для надежного положения транспортируемых грузов настил иногда снабжают фасонными накладками – упорами. Настилы волнистый (бортовой и

безбортовой), бортовой плоский, глубокий и коробчатый штамуют из стальных листов толщиной 4-10 мм.

Сведения о пластинчатых конвейерах приводятся в таблице 2.1.

Таблица 2.1. Основные размеры пластинчатых конвейеров

Ширина настила ходовой части В, мм	Высота борта h, мм	Шаг тяговой цепи t, мм	Число зубьев звездочек
400, 500, 650, 800, 1000, 1200, 1400, 1600	80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 355, 400, 450, 500	80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 355, 400, 500, 630, 800	6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13

Пластины настила крепят на болтах, заклепках или приваривают к специальным уголкам, прикрепляемым к пластинам тяговых цепей. Тяговые цепи соединяют друг с другом жесткими пластинами настила или сквозными осями, которые располагают через один три шага цепи.

Пластинчатые конвейеры могут быть двух исполнений: с ходовой частью с катками – катки (опорные ролики) присоединяются к пластинам; с ходовой частью без катков – катки являются элементом металлоконструкции (рис. 2.3).

В качестве тяговых элементов в конвейерах общего назначения в основном используют пластинчатые цепи. Наиболее нагруженными элементами такой цепи являются катки. Они воспринимают силы тяжести ходовой части и транспортируемого груза и передают их на направляющие пути. Катки непрерывно вращаются при качении по направляющим, а при захвате зубьями приводной звездочки передают полное усилие натяжной цепи которое в крутонаклонных конвейерах может быть большим что ограничивает применения для катков более надежных и технологичных в эксплуатации подшипников качения, поэтому такие катки снабжены подшипниками скольжения.

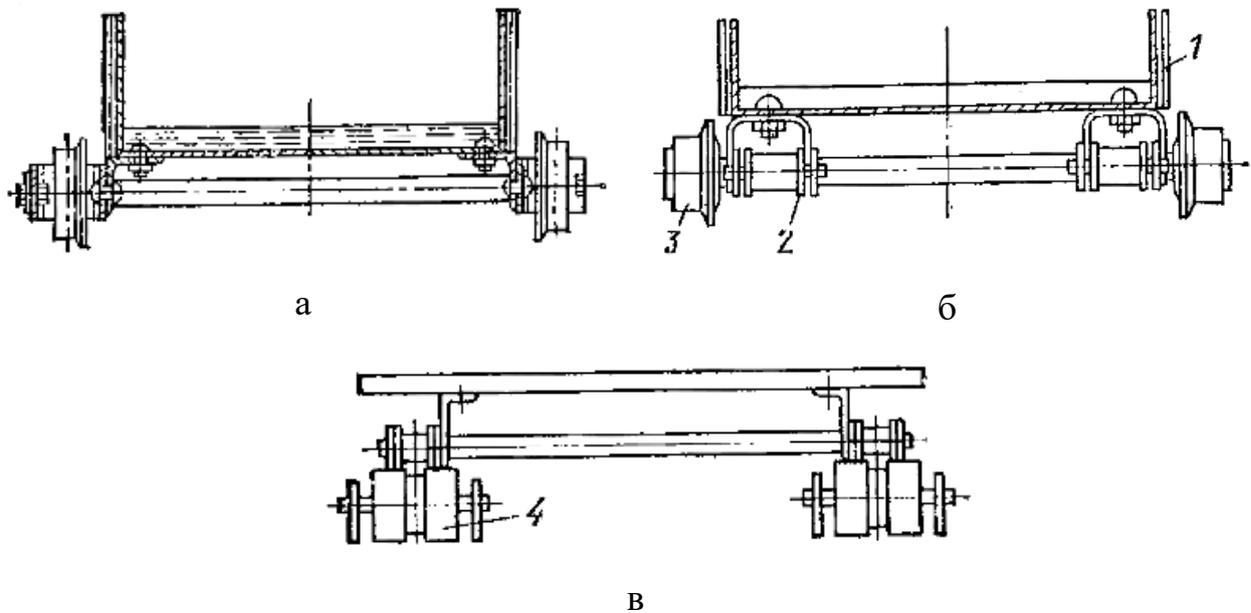


Рисунок 2.3 Расположение элементов пластинчатого конвейера:
 а – размещение катков в шарнире цепи, а цепей по бокам настила;
 б – размещение катков за пределами шарнира цепи; в – размещение
 стационарных поддерживающих роликов; 1 – бортовой волнистый настил;
 2 – втулочная цепь; 3 – опорный каток; 4 – стационарный ролик.

По условиям обслуживания и замены более предпочтительно консольное размещение катков за пределами шарнира цепи (рис. 2.3,б). В этом случае вместо катковой используют более простую роликовую, втулочную или открыто шарнирную цепи. Каток не входит в зацепление со звездочкой, воспринимает не большую нагрузку и может быть снабжен подшипником качения. Такие катки легче смазывать, ремонтировать и заменять.

Поддерживающие устройства конвейеров, выполненных по схеме рис. 2.3,в, вообще не имеют катков, а верхнюю и нижнюю ветви полотна поддерживают стационарные ролики. В качестве тягового элемента в этом случае используются одна или две роликовые, втулочные или открытошарнирные цепи; при этом рабочая ветвь полотна опирается на ролики через цепи, а холостая через гладкий настил.

Тяговые цепи размещают по бокам настила (рис 2.3,а) или непосредственно под ним (рис. 2.3,в). В последнем случае уменьшается ширина настила и настил испытывает меньшее напряжение изгиба, что особенно важно при установке конвейер под бункером.

Пластинчатые конвейеры общего назначения обычно имеют один привод, расположенный в головной части. При необходимости плавного бесступенчатого изменения скорости между электродвигателем и редуктором устанавливается вариатор скорости. Для предотвращения самопроизвольного движения загруженного полотна назад при случайном отключении электродвигателя или нарушении кинематической связи в передаточном механизме привод конвейера с крутонаклонными участками снабжают храповым или роликовым остановом или колодочным тормозом.

При установке приводных звездочек на вал, во избежание перекоса полотна при движении, необходимо обеспечить одинаковое взаимное расположение зубьев. Для повышения износостойкости зубья подвергают термической обработке.

В легких конвейерах обычно устанавливают жесткие винтовые натяжные устройства, а в тяжелонагруженных большой длины – пружинно-винтовые устройства (рис. 2.4). Ход натяжного устройства выбирается в зависимости от шага тяговых цепей и составляет 1,6...2 шага цепи (с учетом укорочения цепи на 2...4 звена) (табл. 2.2).

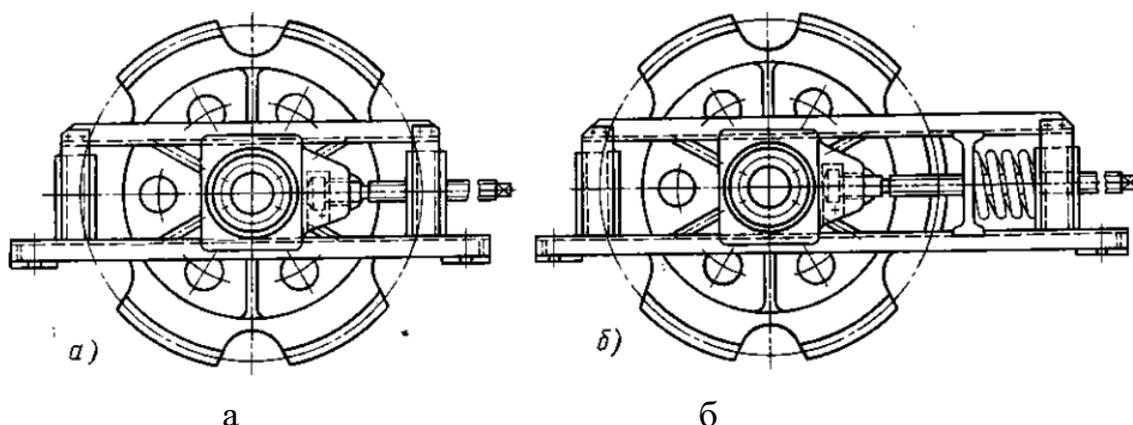


Рисунок 2.4 Натяжные устройства: а – винтовое, б – пружинно винтовое

Таблица 2.2 Рекомендуемые размеры хода натяжного устройства
пластинчатого конвейера

Шаг цепи, мм	Ход натяжного устройства, мм
100; 125	300
200; 250	320
320; 400	500
500; 630	800

Натяжные звездочки устанавливают на подшипниках качения на невращающейся оси (в сочетании с пружинно-винтовым натяжным устройством) или на вращающейся. В последнем случае одну из звездочек закрепляют на оси шпонкой, а вторую устанавливают свободно. Это обеспечивает одновременное зацепление обеих натяжных звездочек с цепями независимо от некоторой разницы в длине цепей.

Опорные станины для привода и натяжного устройства выполняют в виде отдельных металлических конструкций, сваренных из прокатных профилей. Среднюю часть опорной металлической конструкции (рамы) конвейера собирают из унифицированных секций длиной 4...6 м. Направляющие пути для катков изготавливают из уголковых профилей, а для тяжелых конвейеров – из швеллеров или узкоколейных рельсов.

2.2 Проектирование пластинчатого конвейера

Исходными данными для проектирования пластинчатого конвейера (рис 2.5) являются:

- производительность Q , т/ч;
- длины характерных участков трассы L_i , м;
- углы наклона участков трассы β , град
- вид транспортируемого груза (штучный, насыпной, навалочный, длинномерный);

- физико-механические характеристики груза (масса, размеры, насыпная плотность, угол естественного откоса).

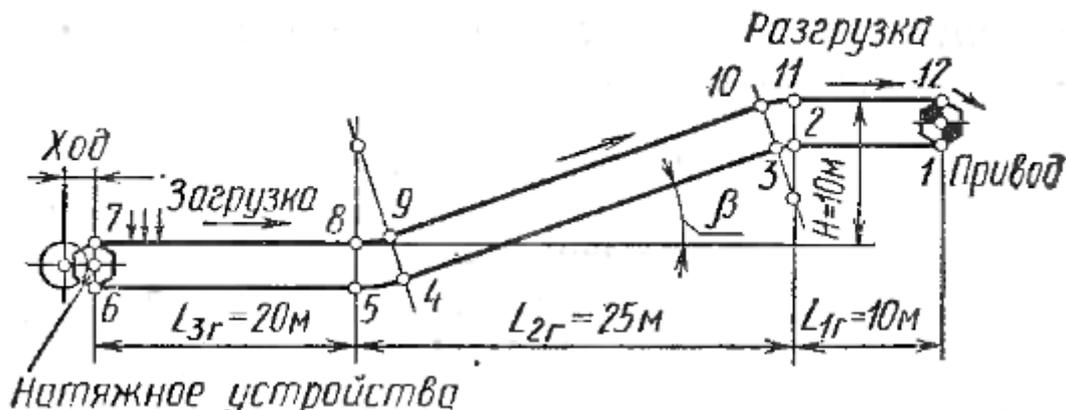


Рисунок 2.5 Расчетная схема пластинчатого конвейера

Задача расчета состоит в выборе скорости полотна и типа настила, определении его геометрических размеров (ширины, высоты бортов), сил натяжения тягового элемента в характерных точках трассы и мощности привода, выборе типоразмеров тягового элемента, электродвигателя и передаточного механизма.

Определение скорости полотна.

Скорость полотна пластинчатого конвейера определяется из условия что с ее повышением увеличивается производительность, уменьшаются размеры полотна, масса и стоимость конвейера, но возрастают неравномерность движения, динамические нагрузки и износ тяговых цепей. Поэтому при длинно звеньевых цепях с шагом 250...400 мм, малом числе зубьев звездочек ($z=6...8$) и катках на подшипниках скольжения скорость стационарных пластинчатых конвейеров принимают небольшой 0,1...0,4 м/с.

Для конвейеров с короткозвенными цепями и катками на подшипниках качения допустимо увеличение скорости до 1...1,25 м/с.

В случае необходимости скорость конвейеров предназначенных для технологических операций или встроенных в определенный

технологический поток, выбирают с учетом времени выполнения операции или ритма потока. Скорость таких конвейеров может быть в диапазоне 0,01...0,1м/с. Для конвейеров работающих редко и кратковременно могут быть приняты высокие скорости (до 4...5м/с)

Выбор типа настила и определение его ширины

Тип настила выбирают в зависимости от вида груза, его свойств и заданного максимального угла наклона конвейера.

Для штучных грузов используют настилы всех видов, но предпочтительны плоские, как более легкие и дешевые. При больших углах наклона применяют плоские настилы с поперечными ребрами жесткости, удерживающими грузы от сползания.

Ширину настила для единичных штучных грузов выбирают с учетом их габаритных размеров, способа укладки и числа единичных грузов размещаемых по ширине настила. Ширина настила при транспортировании штучных грузов должна удовлетворять условию

$$B \geq b_1 + B_1 \quad (2.1)$$

где b_1 – наибольший поперечный размер груза (рис. 2.6), мм; B_1 – запас ширины настила: для безбортовых конвейеров $B_1=50...100$ мм, для бортовых $B_1=100...150$ мм.

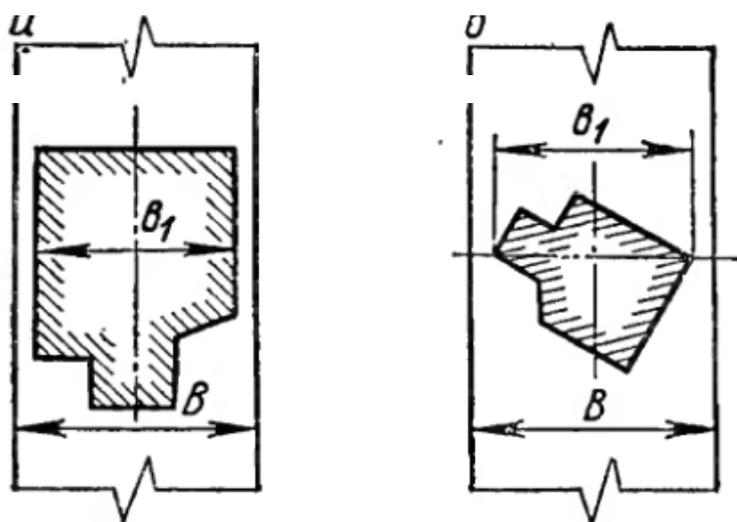


Рисунок 2.6 Расположение штучных грузов на настиле конвейера: а – при автоматической укладке; б – при ручной укладке.

Высота бортов h при транспортировании штучных грузов принимается 100...160мм.

Для насыпных грузов тип настила выбирают с учетом заданного угла β наклона конвейера и угла трения β' груза о настил. Наибольший угол наклона пластинчатого конвейера при транспортировании насыпных грузов выбирается из таблицы 2.3.

Таблица 2.3 Наибольшие допустимые углы наклона пластинчатых конвейеров при транспортировании сыпучих грузов

Наибольший допустимый угол, град	Тип настила					
	гладкий		волнистый		бортовой глубокий	коробчатый
	без борта	с бортом	без борта	с бортом		
β_{\max}	$\beta' - 9^\circ$	$\beta' - 6^\circ$	$\beta' - 5^\circ$	$\beta' - 3^\circ$	35°	35°

Максимальный угол наклона конвейера при гладком и волнистом настилах должен также удовлетворять условию

$$\beta_{\max} \leq \alpha'_n - (7...10)^\circ \quad (2.2)$$

где α'_n – угол естественного откоса груза в движении ($\alpha'_n = 0,7 \alpha_n$, здесь α_n – угол естественного откоса груза в покое)

Производительность (т/ч) конвейера с учетом размещения насыпного груза на настиле (по схеме приведенной на рис. 2.7) определяют по выражению

$$Q = 3600(F_1 + F_2)v\rho = 3600(0,25B^2k_n + Bh_0)v\rho \quad (2.3)$$

где F_1 и F_2 – площади поперечного сечения груза, м²; v – скорость движения настила конвейера, м/с; ρ – насыпная плотность груза кг/м³; k_n – безразмерный коэффициент, учитывающий уменьшение площади

поперечного сечения груза на наклонном участке конвейера и связность груза:

$$k_n = C_2 \operatorname{tg}(0,4\alpha_n) \quad (2.4)$$

здесь C_2 – коэффициент, равный 1 для горизонтальных конвейеров и 0,9 – для конвейеров с углом наклона $\beta > 20^\circ$; h_6 – высота слоя груза у бортов, м ($h_6 = 0,65 \dots 0,75h$, где h – высота бортов).

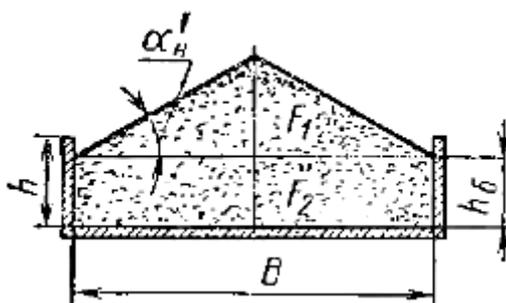


Рисунок 2.7 Поперечное сечение насыпного груза на настиле с бортами

Исходя из этого выражения, ширина (м) настила

$$B = \sqrt{\frac{Q}{900v\rho k_n} + \left(\frac{2h_6}{k_n}\right)^2} - \frac{2h_6}{k_n} \quad (2.5)$$

При определении ширины настила B по формуле (2.5) предварительно выбирают высоту бортов h , руководствуясь данными табл. 2.4. Во избежание падения кусков груза в стороны высота бортов должна быть несколько больше половины максимального размера куска груза $a_{\max} = 2,5a'$, т.е

$$h \geq 1,25a' \quad (2.6)$$

Таблица 2.4 Ориентировочные данные для выбора высоты бортов пластинчатого конвейера

B , мм	h , мм
400	100; 125; 160
500	100; 125; 160; 200; 250

650	100; 125; 160;200; 250; 320
800	100; 125; 160;200; 250; 320
1000	100; 125; 160;200; 250; 320
1200	100; 125; 160;200; 250; 320

В зависимости от размера a' а – типичных кусков ширина настила (мм) должна удовлетворять условию

$$B = x_2 a' + 200 \quad (2.7)$$

где x_2 – коэффициент ($x_2=1,7$ и $2,7$ соответственно для рядового и сортированного груза); a' - в мм.

Наибольшее из двух значений B , вычисленных по формулам (2.5) и (2.7) следует округлить до ближайшего по ГОСТу значения, а значение скорости пересчитать по приближенной зависимости

$$v_{нов} = (B/B_n)v \quad (2.8)$$

где $v_{нов}$ - вновь принятое (уменьшенное) значение скорости; B_n – принятое значение ширины настила по ГОСТу.

Определение распределенных нагрузок

Распределенная нагрузка от собственного веса движущихся частей (настила с цепями) приближенно определяется по эмпирической зависимости:

$$q_n = 60B + A \quad (2.9)$$

где A – коэффициент принимаемый в зависимости от ширины настила и вида груза (табл. 2.5).

Распределенная масса (кг/м) от транспортируемого груза рассчитывается по формуле

$$q = Q/(3,6v). \quad (2.10)$$

Тяговый расчет

Натяжение тягового элемента при обходе трассы по направлению движения полотна определяют по формулам

Таблица 2.5 Значение коэффициента A

Параметры груза		Тип настила	A_n (кг/м) при B (м)		
a' , мм	ρ , мм		0,4; 0,5	0,65; 0,8	Более 0,8
Менее 60	Менее 1	Легкий (ПР, ПС, В)	40	50	70
60...160		Средний (БВ, КМ)	60	70	100
Не менее 160	Более 2	Тяжелый (КГ)	80	110	150

Примечание. Для настила без бортов величину коэффициента уменьшают на 10...15%

$$S_i = S_{i-1} + W_i; \quad (2.11)$$

$$S_i = k_i S_{i-1}, \quad (2.12)$$

а при обходе против направления движения по формулам

$$S_{i-1} = S_i - W_i; \quad (2.13)$$

$$S_{i-1} = S_i / k_i \quad (2.14)$$

где S_{i-1} и S_i – натяжения тягового элемента в начале и в конце рассматриваемого участка; W_i – сила сопротивления движению полотна на прямолинейных участках трассы; k_i – коэффициент сопротивления движению при огибании отклоняющих устройств

Тяговый расчет начинают от точки минимального натяжения тягового элемента $S_{min}=1...3$ кН

Ориентировочно S_{min} имеет место в верхней точке наклонного участка. Для приведенного в расчетной схеме конвейера (рис. 2.10) минимальное натяжение цепи может быть в точках 1 и 5. Если

$$q_n(L_1 + L_2)\omega' < Hq_n, \quad (2.15)$$

то наименьшее натяжение будет в точке 5, а если

$$q_n(L_1 + L_2)\omega' > Hq_n, \quad (2.16)$$

то минимальное натяжение будет в точке 1.

Значение коэффициента ω' для пластинчатых и втулочно-катковых цепей приведено в таблице 2.6.

Таблица 2.6 Значение коэффициента ω'

Условия работы конвейера	ω' для катков на подшипниках	
	скольжения	качения
Хорошие	0,06...0,08	0,020
Средние	0,08...0,10	0,030
Тяжелые	0,10...0,13	0,043

Сила сопротивления движению полотна на прямолинейных участках трассы можно определять по общему выражению

$$W_i = (q + q_n)g(L_i\omega' \pm H) \quad (2.17)$$

где q – распределенная масса груза; q_n – распределенная масса настила с цепями и опорными катками; g – ускорение свободного падения; H – высота подъема груза, м [знак «плюс» – при подъеме груза (движение полотна вверх), знак «минус» – при опускании (движение вниз)]

Дополнительную силу сопротивления движению (H) от трения насыпного груза о неподвижные борта (только для конвейеров с неподвижными бортами) определяют по выражению

$$W_{\delta} = f_1 h_{\delta}^2 \rho g l_{\delta} n_{\delta} \quad (2.18)$$

где f_1 – коэффициент трения насыпного груза о стенки борта; h_{δ} – высота борта; l_{δ} – длина борта, м; n_{δ} – безразмерный коэффициент бокового давления;

$$n_{\delta} = (v + 1,2)(1 + \sin \alpha_n) \leq 1 \quad (2.19)$$

здесь v – скорость движения полотна, м/с

Для приближенных расчетов принимают $n_{\delta}=1$.

Коэффициент k_i – сопротивления движению при огибании отклоняющих устройств при вычислении S_i – по формулам (2.12) и (2.14) принимают равным 1,04 при угле перегиба $\alpha_n \leq 90^\circ$ и 1,08 при $\alpha_n = 180^\circ$

Окружное усилие (Н) на приводных звездочках

$$W_0 = S_{нб} - S_{сб} + W_{np} = S_{нб} - S_{сб} + (S_{нб} + S_{сб})(k_2 - 1), \quad (2.20)$$

где $S_{нб}$ и $S_{сб}$ – натяжение набегающей и сбегающей вервей тягового элемента, Н; W_{np} – сила сопротивления вращению приводных звездочек, Н; k_2 – коэффициент сопротивления вращению приводных звездочек (ориентировочно $k_2=1,08$).

Расчетная мощность на приводном валу двигателя

$$N_p = \frac{W_0 v}{1000 \eta_0} \quad (2.21)$$

где η_0 – КПД приводного вала, $\eta_0=0,94 \dots 0,96$

Мощность привода конвейера с учетом коэффициента запаса определяется по формуле

$$N = k_3 N_p / \eta \quad (2.22)$$

где k_3 – коэффициент запаса: $k_3=1,1 \dots 1,35$; N_p – расчетная мощность на приводном валу конвейера; η – КПД передачи от двигателя к приводному валу

Расчетное натяжение тягового элемента при установившемся движении

$$S_{расч} = S_{max} + S_{дин} \quad (2.23)$$

где S_{max} – максимальное натяжение тягового элемента, определенное тяговым расчетом (обычно $S_{max} = S_{нб}$); $S_{дин}$ – динамическое усилие.

$$S_{дин} = K_u \left(\frac{2\pi v}{z_0} \right)^2 \frac{k' m_z + k'' m_x}{t} \quad (2.24)$$

где $K_u=0,75\dots 1,5$ – коэффициент, учитывающий интерференцию упругих волн; k' и k'' – коэффициенты участия в колебательном процессе массы перемещаемого груза и массы ходовой части конвейера ($k'=0,7\dots 0,9$ для крутонаклонных конвейеров при $\beta > 20^\circ$ и $k'=1$ для прочих конвейеров; $k''=1$ при длине контура тягового элемента $L < 50$ м; $k''=0,75$ при $L=50\dots 120$ м; $k''=0,5$ при $L > 120$ м); m_z – масса груза находящегося на конвейере, m_x – масса ходовой части конвейера; z_0 – число зубьев приводной звездочки; t – шаг тяговой цепи.

При расчете $S_{дин}$ – значения L (м), m_z и m_x (кг) можно вычислить приближенно по формулам

$$L = 2 \sum L_i \quad (2.25)$$

$$m_z = qL/2 \quad (2.26)$$

$$m_x = q_n L \quad (2.27)$$

Расчетное натяжение тяговой цепи для одноцепных конвейеров совпадает с расчетным натяжением тягового элемента, вычисленным по формуле (2.21), а для двухцепного конвейера

$$S_{расчц} = S_{расч} / C_n \quad (2.28)$$

где C_n – коэффициент неравномерности натяжения (ориентировочно $C_n=1,8$)

Коэффициент запаса прочности выбранной цепи с разрушающей нагрузкой $Q_{p,n}$

$$k_n = Q_{p,n} / S_{расчц} \quad (2.29)$$

Для горизонтальных пластинчатых конвейеров неотвественного назначения $k_n=6\dots 7$; для конвейеров, имеющих наклонные участки, $k_n=8\dots 10$.

2.3 Последовательность расчета пластинчатого конвейера.

1. Проработка задания

Для насыпного груза обосновать: размер типичного куска груза a' , мм; насыпную плотность груза ρ , т/м³; угол

естественного откоса груза в покое α_n ; коэффициент трения груза по настилу f_l .

Для штучного груза обосновать: массу, габаритные размеры, способ укладки, количество единиц груза по ширине ленты.

Задаем скорость движения настила v , м/с.

Строим расчетную схему конвейера

2. Выбор типа настила и определение его ширины

Обосновываем выбор типа настила и определяем его ширину: для штучных грузов по формуле (2.1); для насыпных грузов (2.5) и (2.7). Округляем полученное значение ширины до большего по ГОСТу. Уточняем скорость движения настила (2.8).

3. Расчет распределенных нагрузок

Распределенные нагрузки находятся формулам (2.9) и (2.10)

4. Выбор коэффициентов сопротивления движению полотна

С учетом условий эксплуатации конвейера по таблице 2.6 выбираем значение коэффициента ω' . Задаем коэффициенты сопротивления движению при огибании отклоняющих устройств k_i .

5. Определение точки с наименьшим натяжением тягового элемента

Исходя из условий (2.15) и (2.16) определяем положение точки с наименьшим натяжением тягового элемента.

6. Определение натяжений в характерных точках трассы

Принимаем натяжение в точке с наименьшим натяжением тягового элемента. И обходим трассу от этой точки, по направлению движения полотна определяя значение натяжений в характерных точках трассы по формулам (2.11) и (2.12) (обходя трассу против направления движения, пользуемся формулами (2.13) и (2.14)).

7. Определение тягового усилия на приводных звездочках и мощности привода

Тяговое усилие на приводных звездочках определяем по формуле (2.20), а мощность двигателя по формуле (2.22).

8. Подбор двигателя и редуктора.

По полученному значению мощности из каталога выбираем электродвигатель мощностью $N_{дв}$ и частотой вращения $n_{дв}$. Для привода пластинчатой цепи принимаем звездочку с числом зубьев z и цепь с шагом t . Определяем делительный диаметр звездочки D по ГОСТ 592–75 и частоту вращения звездочки $n_{зв} = 60v/\pi D$. Передаточное число редуктора $u_{р.р} = n_{дв}/n_{зв}$. Проектируем или выбираем по каталогу редуктор.

9. Определение расчетного натяжения тягового элемента.

Выбираем количество цепей в тяговом элементе. Определяем максимальное (из тягового расчета), динамическое (2.24) и расчетное натяжение (2.23) тягового элемента.

10. Определение расчетного натяжения тяговой цепи и ее выбор.

Для одноцепного конвейера расчетное натяжение цепи находится по формуле (2.21), для двухцепного конвейера по формуле (2.28). Для предварительно выбранной цепи находим коэффициент запаса прочности (2.29) и сравниваем с пределом допустимых значений.

3. ЭЛЕВАТОРЫ КОВШОВЫЕ

3.1 Общее устройство и конструкция ковшовых элеваторов

Ковшовые элеваторы служат для транспортирования насыпных грузов – пылевидных, зернистых и кусковых по вертикальному или крутонаклонному ($60...82^\circ$ к горизонтали) направлению, на высоту до 50 м.

Ковшовый элеватор (рис. 3.1) имеет вертикально замкнутый тяговый элемент 1 с жестко прикрепленными к нему грузонесущими элементами – ковшами 2; тяговый элемент огибает верхний приводной 5 и нижний

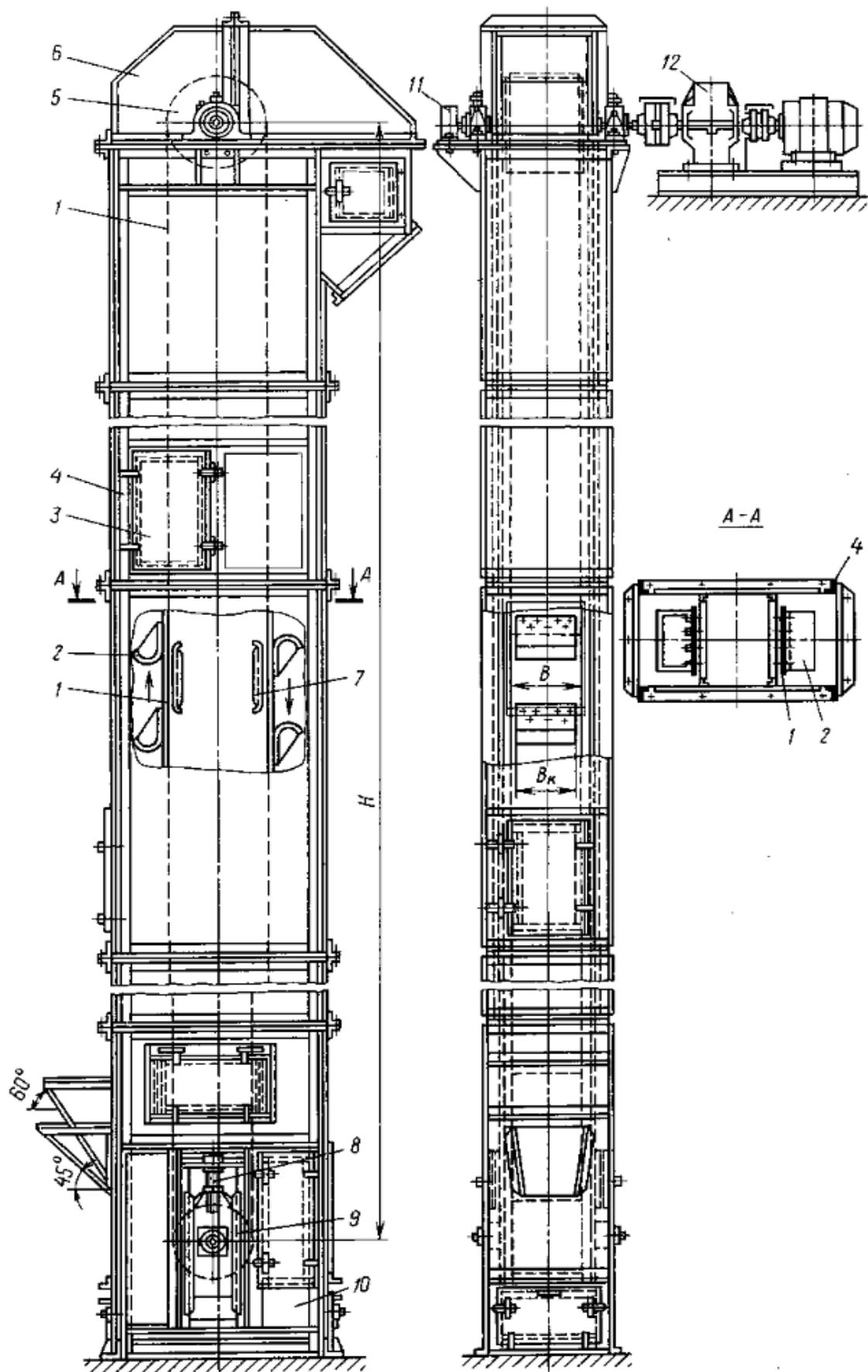


Рисунок 3.1 Вертикальный ковшовый ленточный элеватор

натяжной 9 барабан (или звездочки). Ходовая часть и поворотные устройства элеватора помещаются в закрытом металлическом кожухе, состоящем из верхней части («головки») 6, средних секций 4 и нижней части («башмака») 10. Тяговый элемент с ковшами приводится в движение от привода 12, а первоначальное натяжение создается натяжным устройством 8. Насыпной груз подается в загрузочный патрубок (носок) нижней части элеватора, загружается в ковши, поднимается в них и разгружается на верхнем барабане (звездочке) в патрубок верхней части элеватора. Привод снабжен остановом 11 для предохранения от обратного движения ходовой части. Кожух элеватора имеет направляющие устройства 7.

По виду тягового элемента различают ленточные и цепные с одной или двумя цепями ковшовые элеваторы.

Применяют ленты конвейерные резиноканевые и резинотросовые такого же типа как для ленточных конвейеров. Ковши крепят к ленте болтами специальной головкой (рис. 3.2); что бы головки болтов не мешали прохождению ленты на барабанах, в задней стенке ковша делают соответствующие углубления.

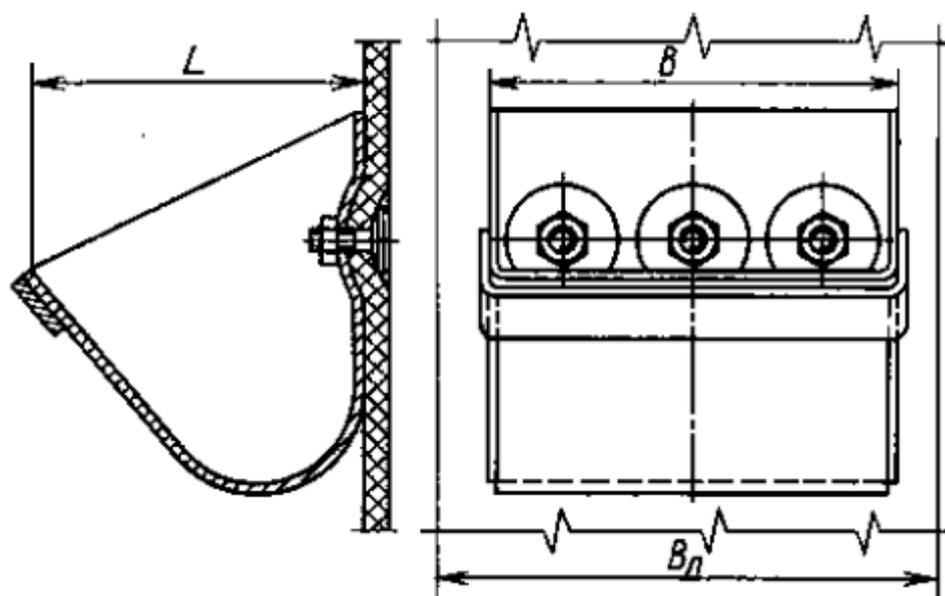


Рисунок 3.2 Крепление ковша к ленте

Чтобы исключить скопление частиц груза между задней стенкой ковша и лентой применяют резиновые прокладки (рис. 3.3, а) или накладки, привулканизированные к ковшу (рис. 3.3, б) или ленте (рис. 3.3, в)

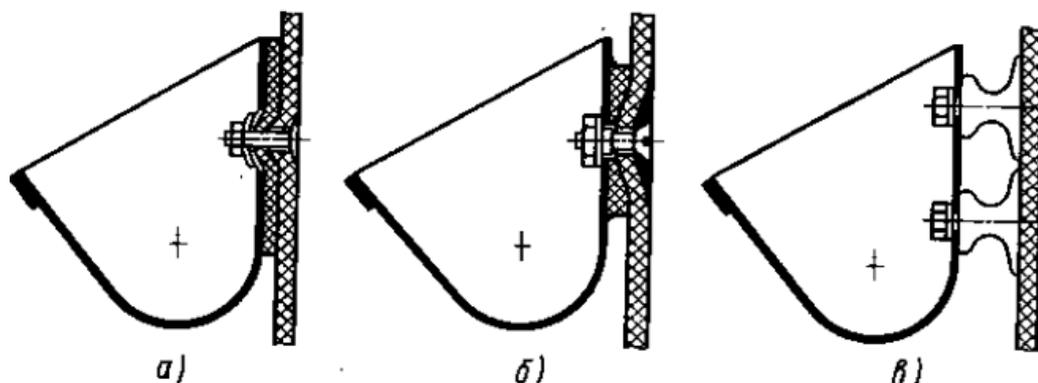


Рисунок 3.3 Крепление ковша: а – с прокладками; б – с привулканизированными к ковшу накладками; в – с накладками привулканизированными к ленте.

Ширина ленты должна быть на 25...150 мм больше ширины ковша. Число прокладок в ленте определяют из тягового расчета, исходя из прочности ленты. Для надежного крепления ковшей лента должна иметь не менее четырех прокладок. Резинотросовые ленты применяют на элеваторах большой высоты с широкими ковшами

В цепных конвейерах в качестве тягового элемента чаще всего применяют пластинчатые, втулочные, роликовые и катковые цепи с шагом 100...630 мм и сварные круглозвеньевые цепи из круглой стали диаметром 16...28 мм с термической обработкой звеньев.

Выбор типа цепи обуславливается главным образом характеристикой груза. При транспортировании пылевидных и зернистых абразивных грузов, а также грузов вызывающих коррозию металла, в пластинчатых цепях возможно засорение шарниров и потеря их подвижности. Для исключения этого увеличивают зазоры между валиком и втулкой цепи и подвергают их нитроцементации для повышения поверхностной твердости.

Круглозвеньевые цепи имеют открытый шарнир и наличие указанных грузов не препятствует подвижности шарниров, но вызывает их заметный износ. Для уменьшения износа применяют поверхностную термообработку звеньев. Элеваторы с такими цепями широко применяются для транспортирования пылевидных грузов.

Цепи к ковшам крепят при помощи уголков или фасонных звеньев на болтах или заклепках. При ширине ковшей до 250 мм применяют одну тяговую цепь с центральным креплением к задней стенке ковша (рис. 3.4), а при ширине 320 мм и выше – две тяговые цепи присоединяемые к задней или к боковым (рис. 3.5) стенкам ковшей.

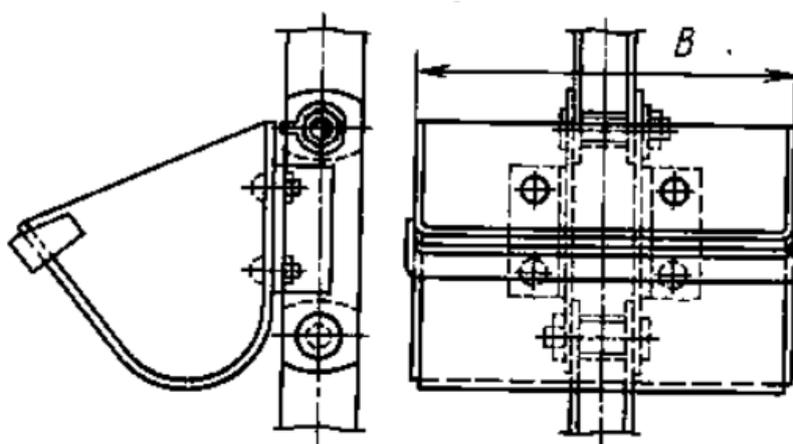


Рисунок 3.4 Крепление ковша к одной цепи.

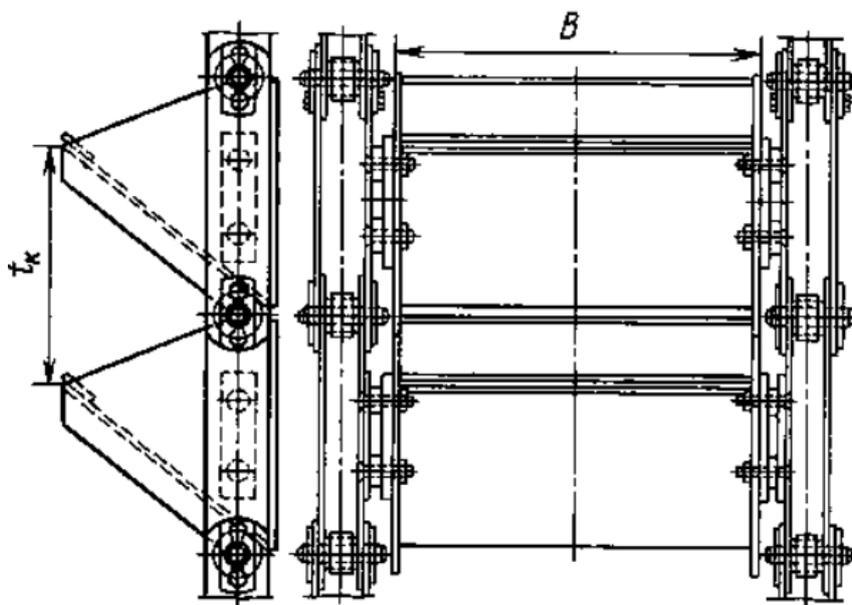


Рисунок 3.5 Крепление ковшей к двум цепям

Выбор ленты или цепи для элеватора обуславливается его производительностью, высотой подъема и характеристикой груза.

Резинотканевая лента по сравнению с цепью имеет большую скорость и меньшее изнашивание при транспортировании абразивных грузов, однако для нее характерны меньшее тяговое усилие и прочность крепления ковшей. Поэтому ленты применяют преимущественно в быстроходных элеваторах для транспортирования пылевидных, порошкообразных и мелкокусковых насыпных грузов малой и средней плотности. Цепи применяют при большой производительности, значительной высоте подъема, для перемещения тяжелых кусковых, а также горячих грузов, транспортирование которых на резинотканевой ленте недопустимо из-за вредного их воздействия.

Основные параметры ковша – геометрические размеры (ширина, вылет и высота) и объем. Конструкция (тип) ковша определяется свойствами транспортируемого груза и способами загрузки и разгрузки ковшей.

Для вертикальных элеваторов ГОСТ 2036–77 предусматривает четыре типа ковшей: глубокие (рис. 3.6, а), мелкие со скругленным днищем (рис. 3.6, б) и ковши с бортовыми направляющими с остроугольным (рис. 3.6, в) и скругленным (рис. 3.6, г) днищем. Кроме того существуют ковши специальных конструкций.

Глубокие ковши имеют пологий обрез передней кромки и повышенную глубину; применяют их для сухих, легкосыпучих, пылевидных, зернистых и мелкокусковых насыпных грузов. При креплении глубоких ковшей боковыми стенками к двум цепям (рис. 3.6, а, вариант 3) и при свободной самотечной разгрузке с отклонением обратной ветви в глубоких ковшах можно транспортировать и некоторые насыпные грузы плохой сыпучести.

Мелкие ковши имеют крутой обрез передней кромки и малую глубину, что способствует лучшему опорожнению при разгрузке, поэтому их применяют для транспортирования влажных и слеживающихся плохосыпучих пылевидных, зернистых и мелкокусковых насыпных грузов.

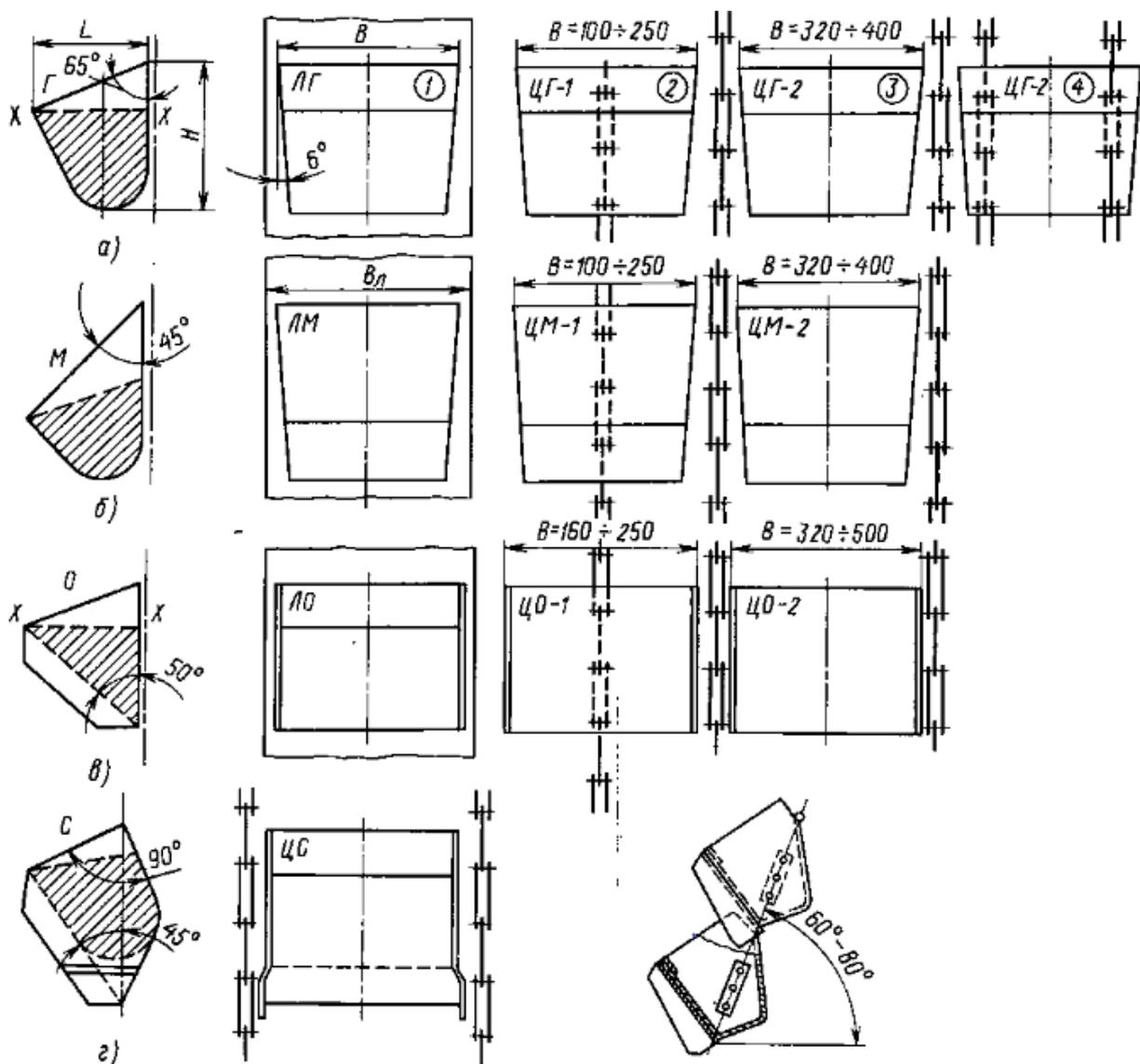


Рисунок 3.6 Схемы ковшей вертикальных ковшовых элеваторов и их креплений к тяговому элементу.

Наличие цилиндрического днища у глубоких и мелких ковшей также способствует их лучшему опорожнению и уменьшает возможность прилипания частиц груза к днищу.

Глубокие и мелкие ковши применяют только на элеваторах с расставленными ковшами. Изготавливают их из листовой стали толщиной 1...6 мм сваркой или штамповкой, иногда отливают из ковкого чугуна; известно также изготовление ковшей из пластмассы (волокнита, стекловолокнита) и из резины. Для предохранения от быстрого изнашивания

на передней (черпающей) стенке ковша приваривают или прикрепляют заклепками накладки из твердой стали.

Ковши с бортовыми направляющими и остроугольным днищем применяют на тихоходных цепных элеваторах для транспортирования самых различных насыпных грузов – пылевидных, зернистых и кусковых. Для ковшей с бортовыми направляющими любого типа характерно только сомкнутое расположение на цепи или ленте.

В ковшовых элеваторах применяют винтовое, пружинно винтовое или грузовое натяжные устройства. Выбор типа натяжного устройства зависит от типа тягового элемента, привода и высоты элеватора. Элеваторы с круглозвеньевыми цепями снабжают грузовыми устройствами.

Натяжное устройство размещают на валу нижнего барабана или звездочки и крепят к боковым стенкам башмака элеватора. Ход натяжного устройства составляет 200...500 мм. Для ленточных элеваторов натяжной барабан выполняют с решетчатым ободом для устранения налипания на него груза. Натяжной барабан (или звездочки) имеет обычно такой же диаметр, как и приводной.

Нижняя часть кожуха («башмак») элеватора может быть с высоким и низким расположением загрузочного носка. Высокий носок с днищем под углом 60° к горизонту применяют при транспортировании влажных плохосыпучих грузов, а низкий (с днищем под углом 45°) – для сухих хорошосыпучих грузов. Для обслуживания и ремонта «башмак» имеет в боковых стенках люки с герметичными дверцами. Средние секции кожуха элеватора изготавливают из листовой стали толщиной 2...4 мм и для жесткости окантовывают уголками в продольном направлении и по торцевым сечениям.

Высота секций 2...2,5 м; соединяют секции друг с другом болтами, для герметичности стыков применяют прокладки. Кожух является силовым каркасом элеватора, воспринимающим статические и динамические

нагрузки. Для направления движения ходовой части в средних секциях кожуха элеватора устанавливают направляющие устройства (рис. 3.1)

Для предохранения ходовой части элеватора от падения при случайном обрыве цепи или ленты применяют специальные предохранительные устройства: на цепных элеваторах – ловители цепи, на ленточных – соединение ковшей по боковым стенкам стальными канатами, которые без натяжения свободно располагаются вдоль ленты; при обрыве ленты канаты исключают возможность падения ходовой части. Кроме того, на натяжных барабанах (или звездочках) элеватора устанавливают реле скорости, которое при обрыве тягового элемента выключает электродвигатель привода элеватора.

3.2 Способы наполнения и разгрузки ковшей. Расчет траектории выбрасывания груза из ковша.

Наполнение (загрузка) ковшей производится либо зачерпыванием груза нижней части кожуха элеватора (рис. 3.7, а), либо засыпанием груза в ковши (рис. 3.7, б). Практически ковши наполняют тем и другим способом одновременно при преимущественном преобладании одного из них.

Наполнение ковшей зачерпыванием применяется в ленточных и цепных элеваторах с расставленными ковшами при транспортировании сухих хорошо сыпучих, пылевидных и мелкокусковых насыпных грузов, черпание которых не создает значительных сопротивлений и может происходить при повышенной скорости движения ковшей (0,8...4 м/с).

Крупнокусковые и абразивные грузы черпать ковшом со дна кожуха затруднительно, так как вследствие больших сопротивлений возможен обрыв ковшей и тягового элемента. Поэтому наполнение ковшей крупнокусковыми и абразивными грузами производится непосредственно засыпанием их в ковши. Применение этого способа возможно только при непрерывном, сомкнутом расположении ковшей (что не позволяет грузу просыпаться

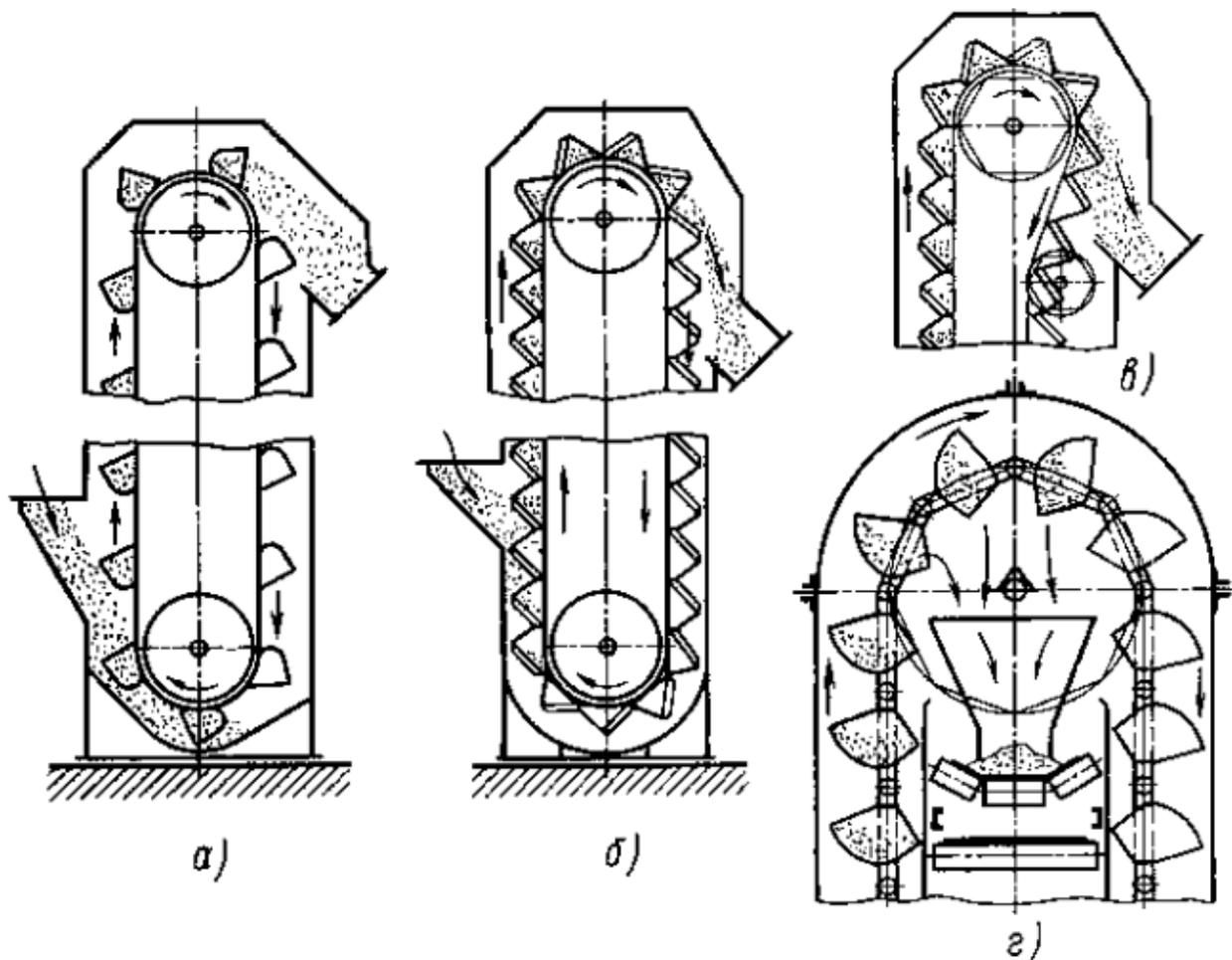


Рисунок 3.7 Схемы загрузки, разгрузки и расположения ковшей элеватора:
 а – загрузка зачерпыванием, разгрузка под действием центробежной силы; б
 – загрузка засыпанием в ковши, разгрузка самотечная направленная; в –
 самотечная свободная разгрузка; г – центральная разгрузка.

между ковшами) и при пониженных скоростях движения (не более 1 м/с), так как при повышенной скорости ковши плохо заполняются и отбрасывают груз.

Разгрузка бывает центробежная (рис. 3.7, а), самотечная свободная (рис. 3.7, в и г) и самотечная направленная (рис. 3.7, б).

При центробежной разгрузке ковши разгружаются главным образом под действием центробежной силы, возникающей во время прохождения ковшей через барабан (или звездочку). Транспортируемый груз выпадает

непосредственно в разгрузочный патрубок кожуха элеватора. Для соблюдения условий центробежной разгрузки и исключения просыпания груза необходимо правильно выбрать частоту вращения приводного барабана и расположения разгрузочного патрубка элеватора в верхней части кожуха.

Центробежную нагрузку применяют для быстроходных элеваторов с расставленными ковшами при транспортировании легкосыпучих пылевидных, зернистых и мелкокусковых насыпных грузов. Скорость движения ковшей элеваторов принимают обычно 1...4 м/с. Расстояние между ковшами в быстроходных элеваторах выбирают таким, чтобы выброшенные из ковша частицы груза не попадали на впереди идущий ковш.

Свободная самотечная разгрузка (рис. 3.7, в) характеризуется дополнительным отклонением ковша, обеспечивающим свободное высыпание груза под действием силы тяжести. Этот вид разгрузки применяют для плохосыпучих влажных, хлопьеобразных и мокрых грузов.

В вертикальных элеваторах свободная самотечная разгрузка обеспечивается путем отклонения обратной ветви на дополнительных направляющих звездочках, роликовых батареях или направляющих шинах, устанавливаемых в двухцепных элеваторах с боковым креплением цепей к расставленным и сомкнутым ковшам. В одноцепных элеваторах такое отклонение обратной ветви возможно только для специального исполнения при двухрядном консольном креплении ковшей (параллельными рядами справа и слева от цепи) боковыми стенками к звеньям центральной расположенной цепи, свободной для зацепления (и отклонения) с наружной и внутренней сторон.

В наклонных элеваторах свободная самотечная разгрузка обеспечивается наклонным положением самого элеватора, поэтому иногда для отклонения ковшей вертикальные элеваторы делают с наклонной верхней частью. Однако это приводит к ускоренному изнашиванию цепи и направляющих шин.

Свободную самотечную разгрузку имеют специальные двухцепные элеваторы с центральной внутренней разгрузкой ковшей (рис.3.7, г). Разгрузка производится при пониженной скорости движения ковшей (0,6...0,8 м/с).

Самотечная направленная разгрузка (рис. 3.7, б) характерна для вертикальных и наклонных элеваторов (ленточных и цепных) с непрерывным сомкнутым (чешуйчатым) расположением ковшей. При огибании верхнего барабана груз высыпается из ковша под действием силы тяжести на заднюю стенку предыдущего ковша и направляется ею и боковыми бортами ковша в разгрузочный патрубок элеватора. Этот способ разгрузки применяют в тихоходных элеваторах при скорости движения ковша 0,4...0,8 м/с для транспортирования кусковых, тяжелых, абразивных и малоабразивных грузов, а также хрупких грузов, измельчение которых понижает их качество.

Основные критерии характера разгрузки ковшей.

На восходящей ветви вертикального элеватора до подхода к верхнему барабану ковш движется прямолинейно и равномерно, и имеющийся в нем груз находится только под действием силы тяжести $P = mg$ (рис. 3.8, а). Когда ковш с тяговым элементом, подойдя к барабану, поворачивается вокруг его оси, начинает действовать центробежная сила

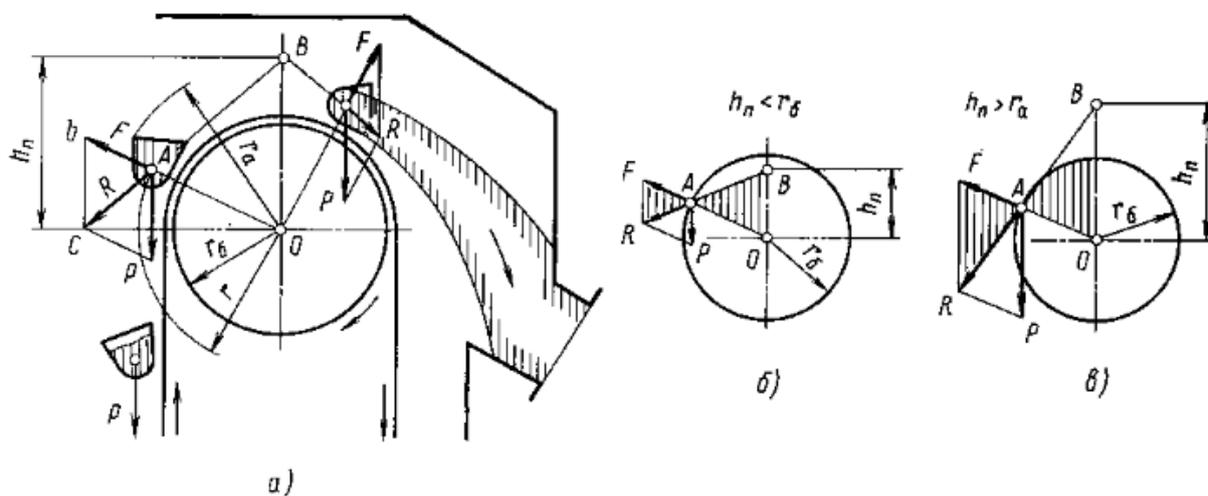


Рисунок 3.8 Схемы для определения полюсного расстояния.

$$F = mv_0^2/r, \quad (3.1)$$

где m – масса груза в ковше, кг; v_0 – скорость движения центра тяжести груза в ковше, м/с; r – радиус вращения, т.е. расстояние от центра тяжести A груза в ковше до центра барабана O , м.

Равнодействующая R сил P и F при вращении ковша изменяется по величине и направлению. Однако если продлить вектор равнодействующей до пересечения с вертикалью, проходящей через центр барабана, то при любом положении ковша вектор R будет пересекать вертикаль в одной и той же точке B , называемой полюсом. Расстояние h_n от точки B до центра барабана O называется полюсным расстоянием.

Из подобия треугольников ABO и Abc имеем

$$h_n/r = P/F = mg/(mv_0^2/r),$$

откуда полюсное расстояние

$$h_n = gr^2/v_0^2. \quad (3.2)$$

Подставив значение $v_0 = \pi n/30$, получим

$$h_n = gr^2 30^2 / (\pi^2 r^2 n^2) = 895/n^2 \quad (3.3)$$

где n – частота вращения барабана, об/мин.

Следовательно, полюсное расстояние h_n зависит только от частоты вращения барабана. С ее увеличением полюсное расстояние уменьшается, и центробежная сила возрастает по сравнению с силой тяжести.

При $h_n \leq r_0$, т.е. когда полюс находится внутри окружности барабана (рис. 3.8, б и 3.9, а), величина центробежной силы значительно больше силы тяжести; все частицы груза движутся в ковше к его наружной стене происходит центробежная разгрузка ковшей. При $h_n > r_a$, т. е. когда полюс располагается вне окружности, проходящей через наружные кромки ковшей (рис. 3.8, в и 3.9, б), сила тяжести велика по сравнению с центробежной силой, и происходит самотечная (гравитационная) разгрузка ковшей через заднюю (ближнюю к барабану) кромку. При $r_0 < h_n \leq r_a$ имеет место

смешанный (центробежный и самотечный) способ разгрузки ковшей (рис. 3.9,в).

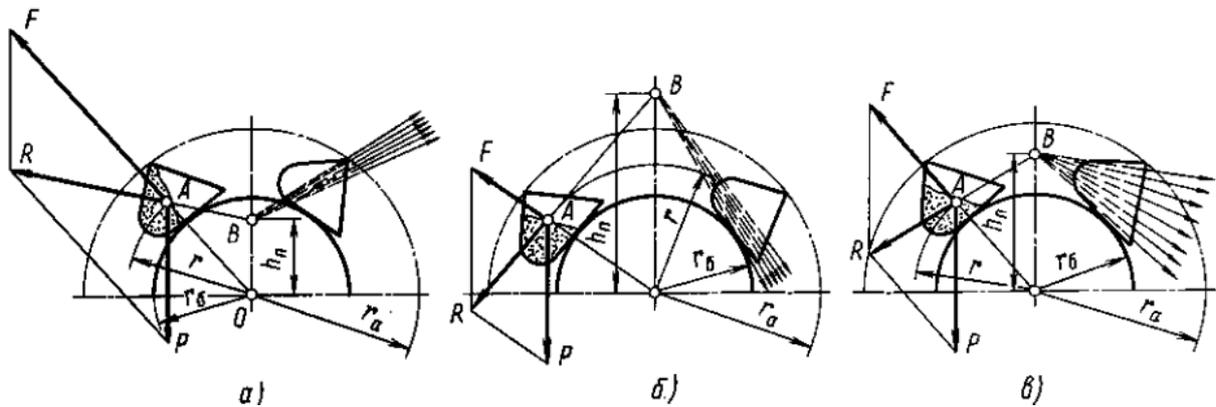


Рисунок 3.9 Силы действующие при разгрузке ковша: а – центробежной; б – самотечной; в – смешанной

Следовательно, характер разгрузки ковшей определяется соотношением между полюсным расстоянием и радиусом барабана:

$$B = h_n / r_0 \quad (3.4)$$

Из формулы (3.2) имеем

$$B = h_n / r_0 = gr^2 / (v_0^2 r_0) = gr_0 / v^2, \quad (3.5)$$

где v – окружная скорость барабана элеватора, м/с

Таким образом:

для высокоскоростного элеватора с центробежной разгрузкой

$$B \leq 1; D_0 = 2Bv^2 / g \leq 0,204v^2; \quad (3.6)$$

для быстроходного элеватора с центробежной и самотечной (смешанной) разгрузкой

$$B = 1 \div 1,4; D_0 = (0,205 \div 0,286)v^2; \quad (3.7)$$

для среднескоростного элеватора с центробежной и самотечной (смешанной) разгрузкой ковшей с внутренней стенки

$$B = 1,5 \div 3; D_0 = (0,306 \div 0,612)v^2; \quad (3.8)$$

для тихоходного элеватора с самотечной разгрузкой

$$B > 3; D_0 \geq 0,6v^2. \quad (3.9)$$

Траектория выбрасывания груза из ковша

При вращении ковша с грузом на верхнем барабане на частицу груза, перемещающуюся в ковше, действуют сила тяжести, центробежная сила и сила инерции, вызванная ускорением Кориолиса и относительным ускорением скольжения частиц по кромке ковша. Решение уравнения движения частицы груза позволяет определить ее путь и скорость скольжения v_c . Абсолютная скорость частицы груза v_a определяется в виде геометрической суммы окружной скорости $v = \omega r_a$ и скорости скольжения v_c (рис. 3.10, а). Выброшенная из ковша частица будет двигаться по параболе. Начало ее выброса зависит от способа разгрузки. При центробежной разгрузке (рис. 3.10, б) перемещение груза в ковше начинается при повороте последнего на угол $\beta_0 = 15 \div 30^\circ$.

Примерные траектории движения частиц груза при центробежной и самотечной разгрузке ковшей показаны на рис.3.10.

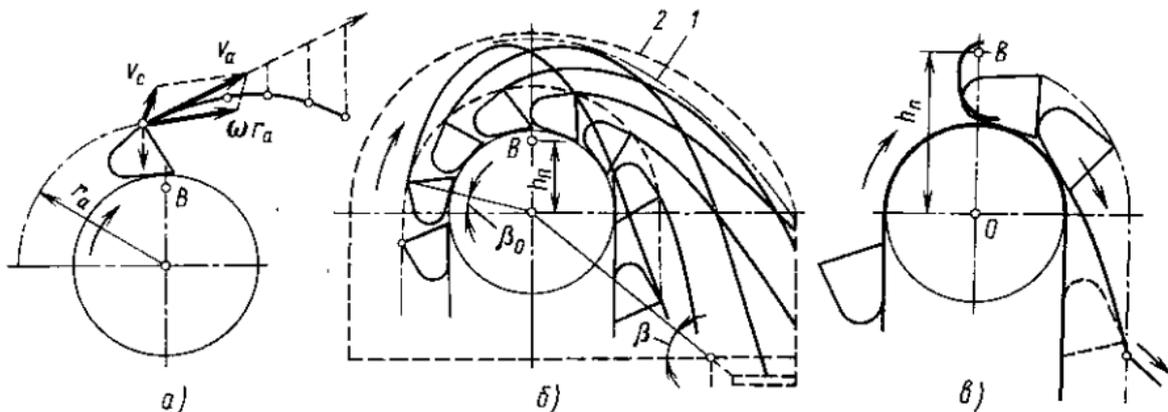


Рисунок 3.10 Схемы для определения траектории выбрасывания груза из ковшей: а – схема составляющих скорости груза; б – траектория частиц при центробежной разгрузке для последовательного положения ковшей (1 – отгибающаяся кривая; 2 – профиль кожуха головки элеватора); в – то же, при самотечной разгрузке.

Для определения начала разгрузки насыпного груза, траектории его свободного полета, конфигурации кожуха и места расположения разгрузочного патрубка графическим способом проведем следующие построения. Для элеватора в положении I (рис. 3.11) вычерчиваем окружность барабана (звездочки) D и окружность радиусом, равным полюсному расстоянию l (в одном и том же масштабе).

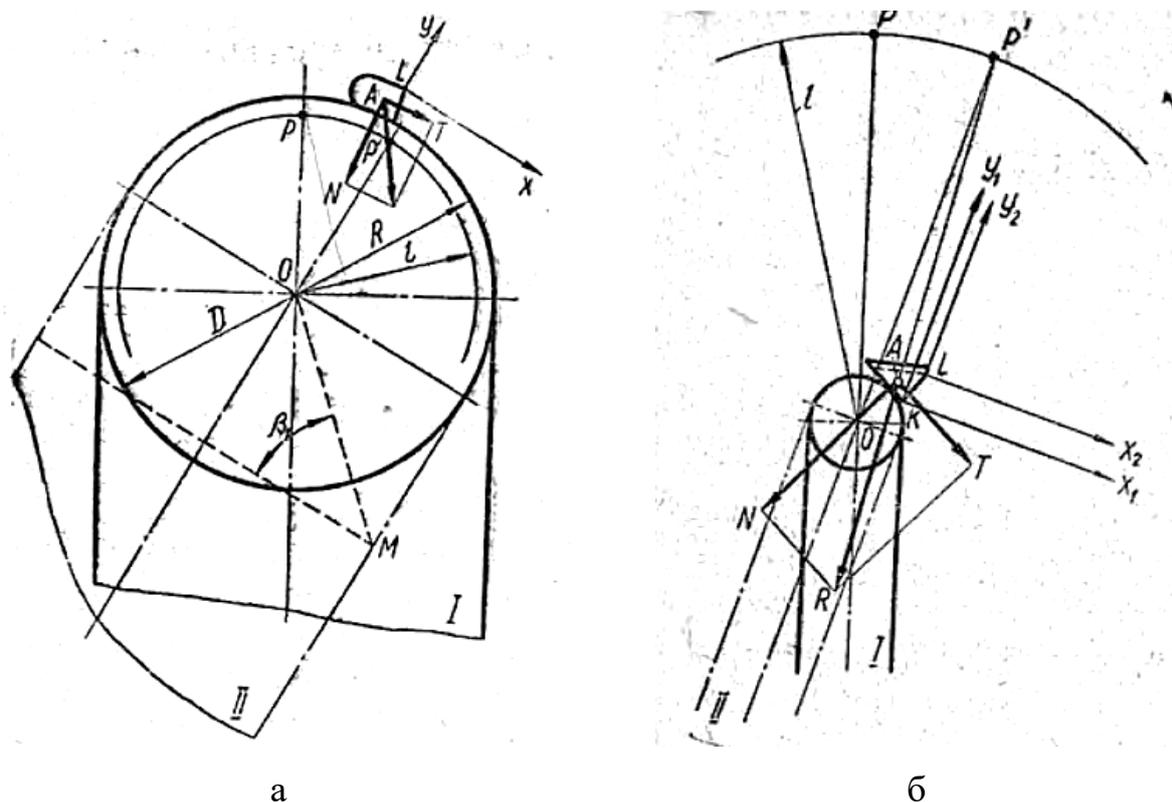


Рисунок 3.11 Схема к определению начала разгрузки материала: а – центробежная разгрузка; б – гравитационная разгрузка.

Для определения начала разгрузки в точке A при произвольном положении ковша примем силу N , перпендикулярную к задней стенке ковша, за единицу масштаба; сила T (в том же масштабе) составит Nf ($f=0,8$). Равнодействующая R сил N и T пересекает окружность, радиус которой равен полюсному расстоянию l . Разгрузка начнется тогда, когда полюс будет находиться на вертикали, проведенной из центра барабана. Для выполнения этого условия повернем рисунок относительно центра барабана на угол, чтобы полюс P' расположился на вертикале (в точке P); в этом случае получим

положение элеватора и ковшей (положение II), при котором начинается разгрузка. Зная точку начала разгрузки L и начальную скорость свободного полета частицы v , строим по уравнению $y = xtg(\pm \beta) - \frac{gx^2}{2v^2 \cos^2 \beta}$ траекторию полета частиц груза в системе координат XLY . Аналогичные построения траекторий свободного полета частиц груза выполняем для нескольких положений ковша на пути его движений от начала до полной разгрузки. Построив траектории полета, вычерчиваем огибающую кривую, которая ограничивает поток движения насыпного груза. В соответствии с траекториями движения груза проектируется очертание верхней части кожуха (головки) элеватора. Конфигурация кожуха должна способствовать тому, что бы все выброшенные частицы направлялись в разгрузочный патрубок, исключались бы их удары о стенки кожуха, излишнее крошение и пыление.

Затем находим место установки разгрузочного патрубка, положение которого определяется углом разгрузки β_1 . Для элеватора с центробежной и центробежно-самотечной разгрузкой принимают $\beta_1 = 30 \div 45^\circ$. Положение разгрузочного патрубка должно исключать возможность просыпания груза на обратную ветвь элеватора.

3.3 Расчет элеваторов

Исходными данными для проектирования элеватора являются:

- производительность Q , т/ч;
- высота подъема H , м;
- углы наклона участков трассы β , град
- вид транспортируемого груза и его физико-механические характеристики.

Погонная емкость ковшей (л/м) определяется по формуле

$$\frac{i_0}{a} = \frac{Q}{3,6\nu\rho\psi} \quad (3.10)$$

где Q – расчетная производительность, т/ч; ν – скорость движения ковшей (табл. 3.1), м/с; ρ – насыпная плотность груза, т/м³; ψ – коэффициент заполнения ковшей (табл. 3.1); a – шаг расстановки ковшей, м.

Таблица 3.1 Значение скорости тягового элемента и коэффициента ψ наполнения ковша в зависимости от вида транспортируемого груза

Груз	Тип ковша	Скорость, м/с		ψ	Вид раз-грузки
		ленты	цепи		
Пылевидный хорошо сыпучий	Г	-	0,6...0,8	0,85	Св
Пылевидный и зернистый плохосыпучий	Г	1,25...1,8	-	0,8	Ц
Зернистый и мелкокусковой: малоабразивный	Ж	3,9...4		0,7	
	Г	1,25...2	1...1,6	0,8	Ц
	О, С	0,4...0,8	0,4...0,63	0,8	СН
Средне- и крупнокусковой малоабразивный	О, С	-	0,4...0,63	0,6...0,8	СН
	Г		0,8...1,6	0,6...0,7	Ц
	О, С	-	0,4...0,63	0,6...0,8	СН
Грузы крошение которых недопустимо	О, С	0,4...0,63	0,4...0,63	0,6	СН

Условные обозначения. Типы ковшей: Г – глубокий, М – мелкий; О – с бортовыми направляющими остроугольный; С – с бортовыми направляющими и полукруглым днищем; Ж – жалюзийный. Вид разгрузки: Ц – центробежная; СН – самотечная; Св – самотечная свободная.

Ширину и шаг ковшей определяют по таблице 3.2 в зависимости от погонной емкости ковшей и типа ковша. Выбранные из таблицы ковши проверяют по размеру максимальных кусков a_{max} , который должен быть

$$a_{max} \leq A_k/k_k'', \quad (3.11)$$

где A_k – вылет ковша (табл 3.2); k_k'' – коэффициент, зависящий от гранулометрического состава насыпного груза (для рядовых грузов принимают $k_k'' = 2 \dots 2,5$, а для сортированных $k_k'' = 4 \dots 5$).

Тяговый расчет.

При выполнении тягового расчета распределенную массу (кг/м) ходовой части элеватора определяют по приближенной эмпирической формуле

$$q_0 = k'_3 Q, \quad (3.12)$$

где k'_3 - коэффициент (таблица 3.3)

Распределенная масса поднимаемого груза

$$q = Q / 3.6v \quad (3.13)$$

Распределенная масса рабочей ветви

$$q_p = q_0 + q \quad (3.14)$$

Тяговый расчет элеватора выполним методом обхода по контуру. При вращении приводного барабана по часовой стрелке минимальное напряжение S_1 будет в точке 1 (рис. 3.12), противоположной точке зачерпыванию груза. Минимальное натяжение определяется из условия нормального зачерпывания груза $S_1 \geq 50q$, для цепи оно должно быть не менее 500Н, а для ленты 1000Н.

Натяжение в точке 2

$$S_2 = k'S_1 + W_3 \quad (3.15)$$

где $k' = 1,1$ – коэффициент увеличения натяжения в цепи при огибании звездочки (для цепных элеваторов), $= 1,08$ – коэффициент увеличения натяжения в ленте с ковшами при огибании барабана (для ленточных элеваторов); W_3 – сопротивление зачерпыванию груза.

$$W_3 = p_3 qg \quad (3.16)$$

где p_3 – коэффициент зачерпывания (табл. 3.4).

Таблица 3.2 Геометрические и массовые параметры ковшей

Ширина ковша B_k , мм	Ковш												Толщина стенки, мм	Масса одного ковша m_k , кг			
	глубокий			мелкий			с бортовыми направляющими							глубокого	мелкого	с бортовыми направляющими	
	a , мм	$\frac{i_k}{a}, \frac{л}{м}$	A_k , мм	a , мм	$\frac{i_k}{a}, \frac{л}{м}$	A_k , мм	остроугольный			с полукруглым днищем						остроугольного	с полукруглым днищем
							a , мм	$\frac{i_k}{a}, \frac{л}{м}$	A_k , мм	a , мм	$\frac{i_k}{a}, \frac{л}{м}$	A_k , мм					
125	0,32	1,3	90	0,32	0,66	65	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
160	0,32	2	105	0,32	1,17	75	0,16	4,06	105	–	–	–	2	0,9	0,7	1,2	–
200	0,4	3,24	125	0,4	1,87	95	0,2	6,5	125	–	–	–	–	–	–	–	–
250	0,4	5	140	0,4	3,5	120	0,2	10	140	–	–	–	3	3	2	3	–
320	0,5	8	175	0,5	5,4	145	0,25	16	165	–	–	–	–	5	5	5	–
400	0,5	12,6	195	0,5	8,4	170	0,32	24,4	225	–	–	–	4	11	11	12	–
500	0,63	19	235	0,63	10,8	195	–	–	–	0,4	70	270	5	–	–	–	36
650	0,63	26,6	250	0,63	18,2	225	–	–	–	0,5	120	340	–	–	–	–	63
800	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,63	187	435	6	–	–	–	116

Таблица 3.3 Значение коэффициента массы ходовой части элеватора k'_3

Производительность Q , т/ч	Тяговый орган		
	Лента	Одна цепь	Две цепи
До 1,0	0,6/-	1/1	-
1,0...2,5	0,5/-	0,8/1,1	1,2/-
2,6...5,0	0,45/0,6	0,6/0,85	1,0/-
5,1...10,0	0,4/0,55	0,5/0,7	0,8/1,1
Более 10,0	0,35/0,5	-	0,6/0,9

Примечание. В числителе даны значения k'_3 для мелких и глубоких ковшей, в знаменателе – для ковшей бортовыми направляющими с остроугольным и полукруглым днищем.

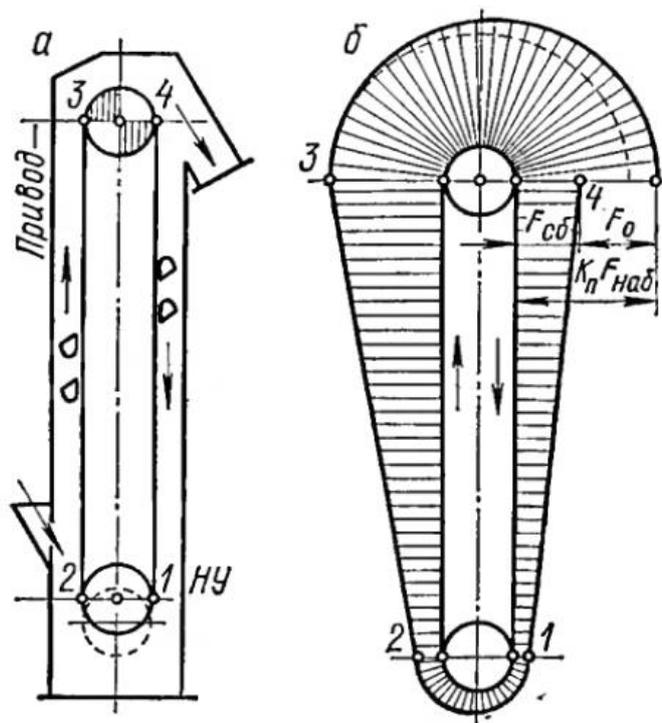


Рисунок 3.12 Расчетная схема и диаграмма натяжений тягового органа вертикального элеватора.

Таблица 3.4 Ориентировочное значение коэффициента p_3

Вид груза	Тип ковшей									
	ленточный и одноцепной					двухцепной				
	при скорости движения ковшей, м/с									
	0,5	0,75	1,0	1,25	1,6	0,5	0,75	1,0	1,25	1,6
Пылевидный, порошкообразный, зернистый, мелкозернистый	1,5	2	2	2,5	3	1	1,2	1,3	1,5	2
Средне и крупнокусовой	2,5	3	3	4	5	1,5	1,7	1,7	2,5	3

Натяжение в точке 3

$$S_3 = S_{наб} = S_2 + (q + q_0)g(L\omega' + H) \quad (3.17)$$

где q – распределенная масса поднимаемого груза, кг/м; q_0 – распределенная массу ходовой части, кг/м; g – ускорение свободного падения; H – высота подъема груза, м; L – проекция на горизонталь длины наклонного конвейера, м; ω' – коэффициент сопротивления движению для цепных элеваторов (табл. 2.6), для ленточных элеваторов (табл. 3.5).

Натяжение в точке 4

$$S_4 = S_{сб} = S_1 + q_0g(L\omega' + H) \quad (3.18)$$

Для ленточного элеватора во избежание скольжения ленты по барабану необходимо, чтобы

$$S_3 \leq S_4 e^{f\alpha} \quad (3.19)$$

где $e^{f\alpha}$ – тяговый фактор (табл. 3.6); f – коэффициент сцепления между лентой и барабаном (табл. 3.7); α - угол обхвата лентой барабана, рад.

По наибольшему усилию в тяговом органе $S_{max}=S_3$ определяется необходимое число прокладок в ленте для ленточных элеваторов

Таблица 3.5 Значение коэффициента ω'

Условия работы элеватора	Прямые роlikоопоры	Желобчатые роlikоопоры
В чистом сухом помещении без пыли	0,018	0,02
В отапливаемом помещении с нормальной влажностью воздуха при наличии не большого количества абразивной пыли	0,022	0,025
Передвижные и переносные элеваторы при хороших условиях работы	0,03	0,03
В неотапливаемых помещениях с повышенной влажностью; большое количество абразивно пыли	0,035	0,04

Таблица 3.6 Значение $e^{f\alpha}$ при $\alpha = \pi$

f	$e^{f\alpha}$	f	$e^{f\alpha}$
0,1	1,37	0,25	2,18
0,12	1,46	0,30	2,56
0,15	1,60	0,35	3,01
0,20	1,87	0,40	3,51

Таблица 3.7 Значение коэффициента сцепления между прорезиненной лентой и барабаном

Материал наружного слоя барабана	Влажность окружающего воздуха	Коэффициент сцепления
Чугун, сталь	Очень влажный	0,1
	Влажный	0,2
	Сухой	0,3
Дерево, резина (футерованные барабаны)	Очень влажный	0,15
	Влажный	0,25
	Сухой	0,4

$$i \geq \frac{S_{\max}}{k_p B k_0} \quad (3.20)$$

где S_{\max} – наибольшее расчетное усилие в ленте, Н; k_p – максимально допустимая рабочая нагрузка прокладок (табл. 3.8); B – ширина ленты, мм; k_0 – коэффициент учитывающий ослабление ленты в местах крепления ковшей: $k_0 \approx 0,9$

Таблица 3.8 Максимально допустимая рабочая нагрузка тяговых тканевых прокладок резинотканевых лент

Вид ленты	Число прокладок	Максимально допустимая рабочая нагрузка при номинальной прочности прокладки					
		400	300	200	150	100	55
Общего назначения	До 5	45	32	22	16	11	6
	Более 5	40	30	20	15	10	5,5
Теплостойкая	Любое	-	30	20	15	10	5,5
Повышенной теплостойкости	Любое	-	15	10	7,5	5	2,8

Для цепных элеваторов находим разрушающую нагрузку цепи по формулам (2.24, 2.28, и 2.29). При этом динамическая нагрузка на тяговый орган цепного элеватора

$$S_{\text{дин}} \approx \frac{60v^2 H}{z^2 t} (q + q_0) \quad (3.21)$$

где v – скорость движения ковшей; H – высота элеватора; z – количество зубьев звездочки; t – шаг цепи; q – распределенная масса поднимаемого груза, кг/м; q_0 – распределенная массу ходовой части, кг/м

Цепи выбирают по разрывной нагрузке, с запасом прочности см. табл. 3.9

Таблица 3.9 Запас прочности цепи

Разновидности звеньев цепи	Условия работы		
	Хорошие	Средние	Тяжелые
Сварные без термообработки	12	15	20
Сварные с термообработкой, пластинчатыми литыми или штампованными	10	12	15

Определяется тяговая сила на барабане (звездочке) с учетом сопротивлений не барабане (звездочке)

$$W_0 = k'S_3 - S_4 \quad (3.22)$$

где k' – коэффициент увеличения натяжения тягового органа от сопротивления на поворотном пункте (3.15)

Правильность выбора диаметра приводного барабана проверяется по давлению между конвейерной лентой и барабаном из условия

$$D_{н.б} \geq \frac{360W_0}{B[p]\pi\alpha f} \quad (3.23)$$

где W_0 – тяговая сила, Н; B – ширина ленты, м; $[p]=10^5 \dots 1,1 \cdot 10^5$ – допустимое среднее давление между лентой и барабаном, Па; α – угол обхвата барабана лентой, град; f – угол сцепления между лентой и барабаном (табл. 3.6).

Расчетная мощность на приводном валу двигателя определяется по формуле (2.21), а мощность привода конвейера по формуле (2.22), при этом коэффициент запаса $k_3=1,25$.

3.3 Последовательность расчета элеватора.

1. Проработка задания

Для заданного груза обосновать: тип элеватора (ленточный или цепной), размер типичного куска груза a' , мм; насыпную плотность груза ρ , т/м³. Задать скорость движения элеватора v , м/с (согласно рекомендациям п.3.2). Построить расчетную схему элеватора

2. Выбор типа ковша

Обосновывать выбор типа ковша. Определить погонную емкость ковшей (3.10) и их геометрические параметры (табл. 3.2).

3. Расчет распределенных масс

По формулам (3.12- 3.14) найти распределенные массы.

4. Тяговый расчет

Принять значение натяжения в точке с наименьшим натяжением тягового элемента. И определить значение натяжений в характерных точках трассы по формулам (3.15-3.18). Построить диаграмму натяжений.

5. Расчет на прочность ленты или тяговой цепи

Для ленточного элеватора проверить условие (3.19), определить количество прокладок ленты (3.20) и диаметр приводного барабана (3.23)

Для цепного элеватора подобрать цепь пользуясь формулами (2.24, 2.28, 2.29 и 3.21)

6. Подбор двигателя и редуктора.

Тяговое усилие на приводных звездочках определить по формуле (3.20), а мощность двигателя по формуле (2.22).

По полученному значению мощности из каталога выбрать электродвигатель мощностью $N_{дв}$ и частотой вращения $n_{дв}$. Для привода цепного элеватора принять звездочку с числом зубьев z и цепь с шагом t . Определить делительный диаметр звездочки D по ГОСТ 592–75.

Частоту вращения звездочки (барабана) определить по формуле $n = 60v/\pi D$.

Передаточное число редуктора $u_{p.p} = n_{дв}/n$. Спроектировать или выбирать по каталогу редуктор.

7. Определение полюсного расстояния.

Определить полюсное расстояние (3.3) и метод разгрузки элеватора (3.6-3.9). Начало разгрузки насыпного груза, траекторию его свободного полета и место расположения разгрузочного патрубка определить графически п.3.2.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Зенков Р.Л. Машины непрерывного транспорта: Учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Подъемно-транспортные машины и оборудование» / Р.Л. Зенков, И.И. Ивашков, Л.Н. Колобов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1987. 432 с.
2. Иванченко Ф.К. Расчеты грузоподъемных и транспортирующих машин / Ф.К. Иванченко, В.С. Бондарев, Н.П. Колесник, В.Я. Барабанов. – К.: изд. об. «Вища школа», Головное изд-во, 1978. – 576 с.
3. Кузьмин А.В. Справочник по расчетам механизмов подъемно-транспортных машин / А.В. Кузьмин, Ф.Л. Марон. – 2-е изд., перераб. и доп. – Мн.: Выш. шк., 1983. – 350 с.
4. Спиваковский А.О. Транспортирующие машины: Учеб. пособие для машиностроительных вузов / А.О. Спиваковский, В.К. Дьячков. – 3-е изд., перераб. – М.: Машиностроение, 1983. – 487 с.