

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный технический университет имени К. И. Сатпаева

Институт промышленной инженерии им. А. Буркитбаева

Кафедра «Подъемно-транспортные машины и гидравлика»

Н. Т. Сурашов, М. И. Гудович, Г. Р. Толымбекова

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО
КУРСОВОМУ ПРОЕКТИРОВАНИЮ ПО
ДИСЦИПЛИНЕ
«ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫЕ
МАШИНЫ»**

(для специальности 5В071300 «Транспорт, транспортная техника и технологии»)

Алматы 2014

УДК 693.95(0,75.8)

СОСТАВИТЕЛИ: Н. Т. Сурашов, М. И. Гудович, Г. Р. Толымбекова.
Методические указания по курсовому проектированию на тему «Расчет пластинчатого конвейера» по дисциплине «Подъемно-транспортные машины» для специальности 5В071300 «Транспорт, транспортная техника и технологии».
– Алматы: КазНТУ им. К. И. Сатпаева, 2014. – С.1–23.

Методические указания составлены в соответствии требованиями квалификационной характеристики специалиста, Государственных стандартов проведения курсового проектирования. Они направляют студентов на самостоятельную активизацию учебного процесса и включают в себя общие теоретические сведения по темам, учебно-целевые вопросы, их взаимосвязь и соответствие при выполнении курсового проектирования.

Список лит. – 5 назв.

Рецензент О. Г. Газизов

Печатается по Типовой учебной программе, утвержденной Министерством образования и науки Республики Казахстан на 2014 год.

©КазНТУ имени К. И. Сатпаева, 2014 г.

ВВЕДЕНИЕ

Среди транспортирующих машин большую группу составляют пластинчатые конвейеры, получившие широкое распространение во многих отраслях промышленности.

Пластинчатые конвейеры предназначены для транспортирования острогранных или горячих материалов, кусковых или штучных грузов.

Эти конвейеры состоят из тягового органа (в виде одной или двух бесконечных тяговых цепей) с прикрепленным к нему настилом из отдельных пластин, приводного и натяжного устройств, загрузочного устройства и рамы.

Пластинчатые конвейеры различаются в основном конструкцией настила. При плоском настиле возможно наличие и разгрузочного устройства в виде плужкового сбрасывателя. Привод наиболее часто осуществляется от электродвигателя через редуктор.

Пластинчатые конвейеры бывают двух исполнений: с ходовой частью с катками; с ходовой частью без катков – катки (опорные ролики) являются элементом металлоконструкции.

Преимуществами пластинчатых конвейеров по сравнению с ленточными являются: высокая надежность, возможность транспортирования более широкого ассортимента грузов, обеспечивая бесперегрузочное транспортирование на большие расстояния и др. К недостаткам относятся большая масса, сложность изготовления и высокая стоимость изготовления ходовой части, меньшая скорость движения полотна и значительно большие сопротивления движению по сравнению с ленточными конвейерами и др.

Приведенные в данных методических указаниях сведения по проектировочному расчету пластинчатых конвейеров будут способствовать, по мнению авторов, подготовке специалистов широкого профиля на базе овладения фундаментальными знаниями, усилению творческой инициативы и самостоятельности студентов в приобретении знаний.

1 Назначение и конструктивное устройство

1.1 Общие сведения

Пластинчатые конвейеры относятся к группе машин непрерывного транспорта с гибким тяговым органом.

Их применяют для транспортирования в горизонтальном и наклонном направлениях различных насыпных, крупнокусковых, острокромочных, абразивных и штучных грузов большой массы. В промышленности строительных материалов пластинчатые конвейеры используются для перемещения горячего клинкера от вращающихся печей обожженной извести, известкового камня, в качестве питателя дробилок и т. п.

Пластинчатый конвейер (рисунок 1.1) состоит из станины 4 с направляющими путями 5, приводной 1 и натяжной 7 звездочек, схватываемых замкнутыми тяговыми цепями 3, на которых закреплены пластины 2. Загрузка осуществляется через лоток 6 в любом месте трассы, разгрузка – через концевые звездочки в бункер или другое приемное устройство. Привод чаще всего осуществляется от электродвигателя через редуктор. Скорость движения настила $0,01 \div 1$ м/с, длина конвейеров до 2 км, производительность – до 2000 т/ч и более. Угол наклона пластинчатого полотна может быть $35 \div 60^\circ$, а в коробчатых настилах -70° .

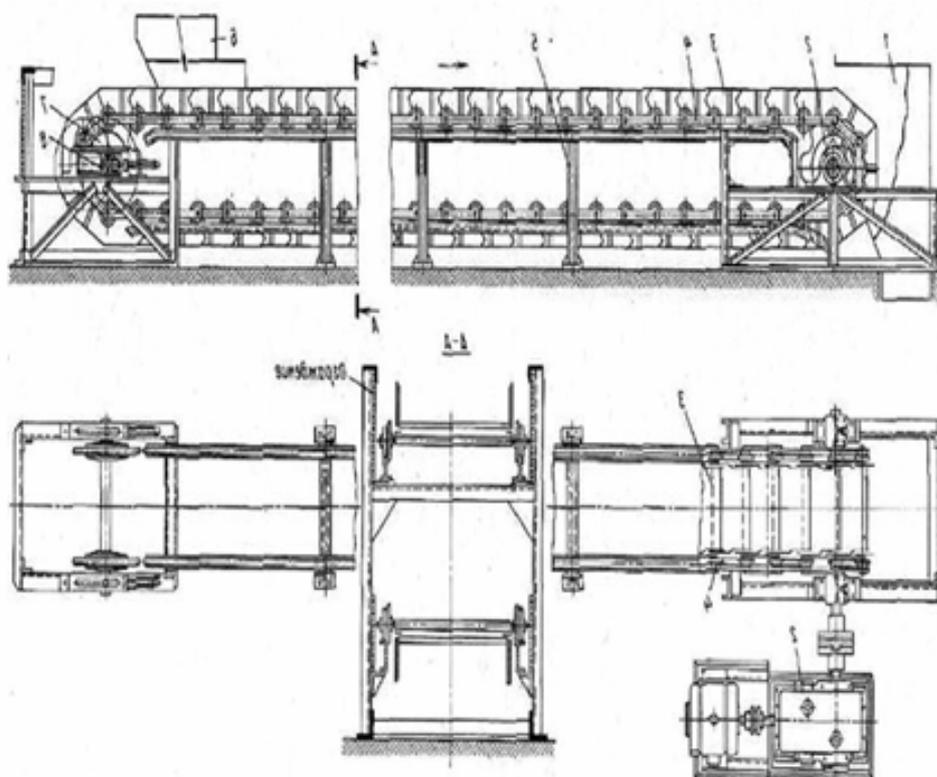


Рисунок 1.1. Общий вид пластинчатого конвейера

Основные параметры и размеры пластинчатого конвейеров общего назначения должны соответствовать ГОСТ 22281-76. Их выбирают из следующих стандартных рядов, приведенных в таблицах 1.1 и 1.2.

Таблица 1.1 – Основные размеры пластинчатых конвейеров (ГОСТ 222261-76)

Ширина настила ходовой части, B , мм	Высота борта h , мм, внутренний размер	Шаг тяговой цепи, t , мм (принят равным шагу настила)	Число зубьев звездочки, z
400, 500, 650, 800, 1000, 1200, 1400, 1600	80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 355, 400, 450, 500	80, 100, 125, 160, 0200, 0250, 315, 400, 500, 630, 800	6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13

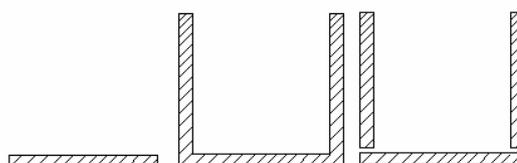
Таблица 1.2 – Скорость движения ходовой части и номинальная производительность пластинчатых конвейеров

Скорость движения ходовой части, v , м/с	Номинальная производительность по насыпному грузу, V , м ³ /ч
0,01; 0,016; 0,025; 0,04; 0,05; 0,063; 0,08; 0,1; 0,125; 0,16; 0,2; 0,25; 0,315; 0,4; 0,5; 0,63; 0,8; 1,0	10,16,25,32,40,63,80,100,125,160, 200, 250, 320, 400,500,630, 800,1000,1200,2000

Достоинствами пластинчатых конвейеров по сравнению с ленточными являются: высокая надежность, большая производительность при относительно небольшой скорости движения, возможность транспортирования более широкого ассортимента насыпных, навалочных и штучных грузов, а также транспортирование горячих грузов (температура до 400 °С). Недостатком является большая металлоемкость и стоимость, сложность эксплуатации из-за большого числа шарнирных соединений, большой расход энергии.

1.2 Составные элементы конвейеров

Настилы и борта. Настилы являются грузонесущим элементом пластинчатого конвейера. Настил конвейера состоит из отдельных пластин, изготовленных из листовой стали, реже из дерева и пластмасс. Различают три вида настила: без бортов, с подвижными бортами и с неподвижными бортами, закрепленными на станине конвейера (рисунок 1.2).



а) б) в)

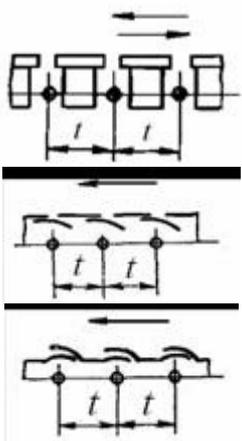
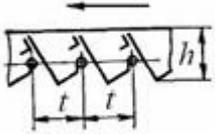
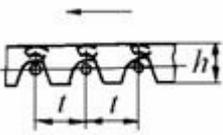
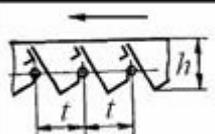
а – без бортов; б – с подвижным бортом; в – с неподвижным бортом

Рисунок 1.2. Виды настилов

Наличие бортов при транспортировании насыпных грузов увеличивает производительность конвейера, а при транспортировании тяжелых, крупных грузов – предотвращает их падение с настила.

Конструкция и форма настилов определяется свойствами транспортируемых грузов. В конвейерах общего назначения применяются настилы шести типов: Основные конструктивные формы настилов и области их применения приведены в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Пластинчатые стационарные конвейеры общего назначения

Конструктивная схема настила	Тип конвейера	Область применения
	Плоский разомкнутый ПР	Транспортирование штучных грузов
	Плоский сомкнутый ПС Безбортовой волнистый В	Транспортирование штучных и насыпных (кусовых) грузов
	Бортовой волнистый БВ	Транспортирование насыпных и штучных грузов
	Коробчатый мелкий КМ	Транспортирование насыпных грузов
	Коробчатый глубокий КГ	

Плоские настилы выполняют с разомкнутыми (ПР) или сомкнутыми (ПС) пластинами с бортами или без бортов. Плоские разомкнутые (ПР) безбортные настилы используют в конвейерах для штучных грузов.

Плоские сомкнутые (ПС) настилы в сочетании с неподвижными бортами применяют преимущественно в конвейерах для горизонтального транспортирования на небольшие расстояния массовых насыпных грузов.

Волнистые настилы выполняют с бортами (тип БВ) и без бортов (тип В). Волнистая форма способствует надежному перекрытию соседних пластин, увеличивает жесткость настила, повышает сцепление грузов с полотном. Это обеспечивает перемещение груза под большим углом наклона (до 40°) и уменьшает просыпание материала между пластинами.

Коробчатые настилы мелкие (КМ) и глубокие (КГ) выполняют ковшеобразной формы, что обеспечивает транспортирование сыпучих грузов под углом до $60\div 70^\circ$.

Основные размеры настила (ширина, высота борта, шаг пластин, который принимается равным шагу цепи) регламентированы ГОСТом 22261-78 (см. таблицу 1.1).

Цепи и опорные катки. Цепи являются тяговым элементом пластинчатых конвейеров. Используют цепи пластинчатые, круглозвенные, разборные, крючковые, вильчатые и др.

Наибольшее применение имеют пластинчатые цепи. Простые шарнирные безвтулочные пластинчатые цепи: штыревые, роликовые, катковые применяются для тихоходных конвейеров при легких режимах работы.

При средних и тяжелых режимах работы используют пластинчатые втулочные цепи (ГОСТ 588-81) следующих типов: ПВ – пластинчатые втулочные, ПВР – пластинчатые втулочно-роликовые, ПВК – пластинчатые втулочно-катковые (аналогичные ПВК), и с подшипниками качения у катков.

Круглозвенные цепи применяют для быстроходных конвейеров и для конвейеров с пространственными трассами (изгибающие конвейеры).

Наибольшее распространение имеют пластинчатые втулочно-катковые цепи, у которых ходовые катки являются опорными элементами, передающими нагрузку от настила и груза на направляющие пути конвейера.

На конвейерах тяжелых типов применяют катки на подшипниках качения. Конвейеры легкого типа шириной 400 мм выполняют с одной тяговой цепью, остальные – с двумя цепями.

Основными параметрами тяговых цепей являются разрушающая нагрузка Q_p , шаг цепи t и масса l м. Параметры тяговых пластинчатых цепей стандартизированы и принимаются по ГОСТ 580-81.

При проектировании конвейеров шаг цепи назначается в зависимости от ширины настила согласно рекомендациям таблицы 1.4.

Таблица 1.4 – Рекомендуемый шаг цепей пластинчатых конвейеров

Ширина настила B , мм	Шаг цепи t , мм
400	250
500	320
650	400
800	400
1000	500
1200	500
1400	630
1600	630

Привод. Пластинчатые конвейеры имеют, как правило, один редукторный привод, расположенный в головной части. Привод состоит из двигателя, редуктора и звездочек. Звездочки для тяговых цепей подразделяют на приводные, натяжные и отклоняющие. Изготавливают их с малым числом

зубьев – 5, 6, 7 и 8. Для наклонных конвейеров предпочтительно нечетное число зубьев для кратковременного возникновения нагрузок в набегающих и сбегаящих ветвях. Для повышения износостойкости зубья подвергают термической обработке. Приводы наклонных конвейеров снабжают остановами или тормозами.

Натяжные устройства. В легких конвейерах обычно устанавливают винтовые натяжные устройства, в тяжелоперегруженных конвейерах большой длины – пружинно – винтовые устройства, компенсирующие изменения натяжения и длины цепей и амортизирующие случайные пиковые нагрузки, например, при попадании куска груза между цепью и звездочкой.

Ход натяжного устройства 320÷1000 мм в зависимости от трассы конвейера и шага цепи (обычно не менее 1,6÷2 шага цепи). Рекомендуемые размеры хода натяжного устройства в зависимости от шага тяговых цепей приводятся в таблице 1.5.

Таблица 1.5 – Рекомендуемые значения хода натяжного устройства

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

2 Расчет пластинчатых конвейеров

Исходными данными для расчета является заданная производительность конвейера, схема трассы, физико-механические свойства транспортируемого груза, режим и условия работы.

Пластинчатые конвейеры обычно рассчитываются в два этапа:

первый этап – предварительный расчет;

второй этап – проверочный расчет.

При предварительном расчете выбирают скорость полотна и тип настила, определяют его геометрические размеры (ширину, высоту бортов), силы натяжения тягового элемента в характерных точках трассы и мощность привода, выбирают типоразмеры тягового элемента, электродвигателя и передаточного механизма.

При проверочном расчете производятся уточненный тяговый расчет методом обхода по контуру; проверка выбранной тяговой цепи по уточненному максимальному натяжению и натяжению в период пуска; определение мощности привода; выбор по каталогам двигателя и передаточного механизма; уточнение скорости движения ходовой части; определение физической производительности; определение тормозного момента; выбор тормозного устройства и типа натяжного устройства.

2.1 Определение скорости полотна

Скорость движения настила зависит от назначения конвейера, типа цепи, конструкции ходовой части и ряда других факторов. В практике проектирования наиболее употребительные скорости движения стационарных пластинчатых конвейеров общего назначения: $0,1 \div 0,4$ м/с. При повышении скорости увеличивается производительность, уменьшается вес и стоимость конвейера, однако возрастают неравномерность движения, динамические нагрузки и износ тяговых цепей. Поэтому при длиннозвенных цепях с шагом 250–400 мм, малом числе зубьев звездочек ($z=6 \div 8$) и катках на подшипниках скольжения скорости конвейера принимают относительно небольшие – в пределах $0,1 \div 0,4$ м/с.

Для конвейеров с короткозамкнутыми цепями и большим числом зубьев звездочек с катками на подшипниках качения скорость достигает 1,25 м/с.

Рекомендуемая скорость движения полотна пластинчатых конвейеров в зависимости от ширины настила приведена в таблице 2.1.

Таблице 2.1 – Рекомендуемая скорость движения полотна

Ширина настила, мм	Скорость движения полотна, мм
400, 500	$0,125 \div 0,4$
650, 800	$0,125 \div 0,5$
1000, 1200	$0,2 \div 0,63$
1400, 1600	$0,25 \div 0,63$

2.2 Выбор типа настила и определение его ширины

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

В зависимости от вида груза тип настила предварительно можно выбрать по таблице 1.3.

Для насыпных грузов можно рекомендовать следующие наибольшие допустимые углы наклона конвейера без существенного снижения производительности:

$$\text{при гладком настиле } \beta_{\partial} = \beta' - (6 \div 9^{\circ}); \quad (2.1)$$

$$\text{при волнистом настиле } \beta_{\partial} = \beta' - (3 \div 5^{\circ}); \quad (2.2)$$

$$\text{при коробчатом настиле } \beta_{\partial} = 35^{\circ}; \quad (2.3)$$

где β' – угол трения груза о настил.

Меньшие значения в скобках – для настилов с бортами, большие – без бортов. Заданный угол наклона конвейера при гладком и волнистом настилах должен также удовлетворять условию:

$$\beta_{\partial} \leq \varphi_{\partial} - (7, \dots, 10^{\circ}) \quad (2.4)$$

где φ_{∂} – угол естественного откоса груза в движении ($\varphi_{\partial} = 0,7\varphi_n$).

Здесь φ_n – угол естественного откоса груза в покое).

Если эти условия не соблюдаются транспортирование насыпного груза при углах наклона до 60° , но с существенным снижением производительности можно обеспечить при использовании коробчатого настила с высокими перегородками.

Для насыпных грузов высота бортов h выбирается из нормального ряда или из таблицы 2.2. Во избежание падения кусков груза в стороны высота бортов должна быть несколько больше половины максимального размера куска груза $Q_{max} = 2,5 \cdot a'$, т. е.

$$h \geq 1,25 \cdot a'$$

где a' – размер типичных кусков груза.

Таблица 2.2 – Ориентировочные данные для выбора высоты бортов пластинчатого конвейера

B , мм	h , мм	Объемная производительность конвейера V (м ³ /ч) при скорости v (м/с)					
		0,125	0,16	0,2	0,25	0,315	0,4
400	100	16	20	25	30	40	50
500	125	25	30	40	50	65	80
650	180	40	50	65	80	100	125
800	200	65	80	100	125	160	200
1000	250	100	125	160	200	250	320
1200	320	160	200	250	320	400	500

Для штучных грузов высота бортов принимается равной $h=100 \div 150$ мм.

Ширина настила при транспортировании насыпных грузов вычисляется по формуле:

$$B = \sqrt{\frac{Q}{648 \cdot v \cdot \rho \cdot K_\beta \cdot \operatorname{tg}(0,4 \cdot \varphi)}} \quad (2.5)$$

где Q – производительность конвейера, т/ч; v – скорость движения полотна, м/с; ρ – насыпная плотность груза, т/м³; K_β – коэффициент, зависящий от угла наклона конвейера (см. таблицу 2.3); φ – угол естественного откоса груза в состоянии покоя, при настиле с бортами:

$$B = \sqrt{\frac{Q}{900 \cdot v \cdot \rho \cdot K_\beta \cdot \operatorname{tg}(0,4 \cdot \varphi)} + \left(\frac{2 \cdot h \cdot \varphi}{K_\beta \cdot \operatorname{tg}(0,4 \cdot \varphi)} \right)^2} - \frac{2 \cdot h \cdot \psi}{K_\beta \cdot \operatorname{tg}(0,4 \cdot \varphi)} \quad (2.6)$$

где h – высота борта, м (таблица 2.2); ψ – коэффициент, характеризующий степень использования высоты борта $\psi=0,65-0,8$.

Таблица 2.3 – Значения коэффициента K_β

Угол наклона конвейера, град	Тип настила	
	Без бортов	С бортами
До 10	1,0	1,0
10÷20	0,9	0,95
Более 20	0,85	0,9

Для кусковых грузов ширину настила необходимо дополнительно проверить по условию:

$$B \geq l \cdot a_k + 200, \quad (2.7)$$

где l – коэффициент, зависящий от характера груза ($l=1,7$ и $l=2,7$ соответственно для рядового и сортированного сыпучих грузов); a_k – наибольший размер крупных кусков.

При транспортировании штучных грузов ширина настила принимается из условия:

$$B \geq v + v', \quad (2.8)$$

где v – наибольшая ширина опорной поверхности груза; v' – запас ширины настила (для безбортового настила $v'=50 \div 100$ мм, для бортового $v'=100 \div 150$ мм).

Полученные значения ширины настила и высоты бортов округляют по стандартному ряду до ближайших больших размеров по ГОСТ 22281-76.

2.3 Тяговый расчет конвейера

При предварительном расчете максимальное натяжение цепей можно определить по приближенной формуле:

$$S_{max} = 1,1 \cdot \{ S_{min} + \omega [q_r + q_0] \cdot L_B + q_0 \cdot L_H \} + (q_r + q_0)H, \quad (2.9)$$

где S_{min} – начальное наименьшее натяжение цепей, Н; ω – коэффициент сопротивления движению ходовой части на прямолинейных участках; q_r – погонная масса груза на конвейере, Н/м; q_0 – погонная масса ходовой части конвейера, Н/м; L_B – длина горизонтальной проекции грузовой ветви конвейера, м; H – высота подъема груза, м; L_H – длина горизонтальной проекции незагруженной ветви конвейера, м.

В пластинчатых конвейерах тяговый орган предварительно натягивается, чтобы цепь не провисала, а также для обеспечения нормального зацепления между цепью и звездочкой. Величиной наименьшего предварительного натяжения цепи задаются в пределах:

$$S_{min}=1\div 3 \text{ кН (не менее 0,5 кН на одну цепь).}$$

Коэффициент ω принимается в зависимости от конструкции ходовой части и условия работы конвейера, он колеблется в пределах $\omega=0,02\div 0,13$. Ориентировочное значение ω можно выбрать из таблицы 2.4.

Таблица 2.4

Условия работы конвейера	Катки на подшипниках	
	скольжения ω^*	качения ω
Хорошие (закрытое отапливаемое помещение, отсутствие абразивных загрязнений)	0,06÷0,08	0,02
Средние (закрытые помещения, наличие загрязнений)	0,08÷0,1	0,03
Тяжелые (на открытом воздухе, интенсивное загрязнение)	0,10÷0,13	0,045

*Меньшие значения – для катков большого диаметра без реборд, большие – для катков с ребордами.

Погонную массу ходовой части конвейера приближенно можно принять:

$$q_0 \approx 60 \cdot B + K, \quad (2.10)$$

где B – ширина настила, м; K – эмпирический коэффициент (таблица 2.5).

Таблица 2.5 –Значения K для бортового настила

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

Примечание: для безбортового настила значения K меньше 10÷15 %.

Более точно погонную массу ходовой части конвейера можно определить по каталогу.

Погонная нагрузка от насыпного груза:

$$q_r = \frac{Q}{3,6 \cdot v}; \quad (2.11)$$

от штучного груза

$$q' = \frac{m}{a}, \quad (2.12)$$

где m – масса груза, кг; a – расстояние между соседними грузами, м, которое можно определить из выражения:

$$a = l_2 + (100 \div 150), \quad (2.13)$$

где l_2 – длина опорной поверхности груза на настиле, измеренная вдоль оси конвейера, м.

При известной производительности и скорости

$$a = \frac{3,6 \cdot m \cdot v}{Q} \quad (2.14)$$

Расчетное натяжение тягового органа при одной цепи $S_{расч} = S_{max}$, при двух цепях с учетом неравномерности распределения нагрузки

$$S_{расч} = 1,5 \cdot S_{max} / 2. \quad (2.15)$$

По величине $S_{расч}$ выбирают тяговую цепь по каталогу. При этом должно выполняться условие:

$$S_{разр} \geq S_{расч} \cdot K, \quad (2.16)$$

где $S_{разр}$ – разрушающая нагрузка одной цепи (по каталогу); K_u – коэффициент запаса прочности цепи (для горизонтальных конвейеров $K_u = 6 \div 8$, для наклонных $K_u = 8 \div 10$).

После выбора цепи на основе предварительного расчета основных элементов ходовой части конвейера производят проверочный расчет конвейера.

2.4 Проверочный расчет конвейера

На этом этапе, первую очередь, выполняется уточненный тяговый расчет конвейера методом отхода по контуру.

Вся трасса конвейера разбивается на прямолинейные (наклонные или горизонтальные) и криволинейные участки. Затем выполняют подробные вычисления по определению сил сопротивления движению на всех участках трассы по нижеследующим формулам:

сопротивление на прямолинейных горизонтальных участках:

- для загруженной ветви

$$W_{r.г} = (q_r + q_0) \cdot L_г \cdot \omega; \quad (2.17)$$

- для незагруженной ветви

$$W_{r.н} = q_0 \cdot L_н \cdot \omega; \quad (2.18)$$

сопротивление на прямолинейных наклонных участках:

- для загруженной ветви

$$W_{н.г} = q_r + q_0 (L_г \cdot \omega \pm H); \quad (2.19)$$

- для незагруженной ветви

$$W_{н.н} = q_0 (L_н \cdot \omega \pm H). \quad (2.20)$$

Сопротивление движению на криволинейных участках:

- для загруженной ветви

$$W_{к.г} = S_{н-1} \cdot (\lambda - 1) + (q_r + q_0) \cdot (\omega \cdot L'_н \pm H'); \quad (2.21)$$

- для незагруженной ветви

$$W_{к.н} = S'_{н-1} \cdot (\lambda - 1) + q_0 (\omega \cdot L'_н \pm H'). \quad (2.22)$$

Сопротивления на звездочках определяют по формуле:

$$W_{зг} = S_{зг} \cdot (\xi - 1), \quad (2.23)$$

где $S_{зг}$ – натяжение в точке набегания цепи на звездочку, Н; ξ – коэффициент сопротивления на звездочках, для звездочек на подшипниках качения $\xi = 1,03 \div 1,04$; на подшипниках скольжения $\xi = 1,05 \dots 1,07$ (большее значение для тяжелых условий работы).

В конвейерах с неподвижными бортами дополнительно имеет место сопротивление от трения груза о неподвижные борта, определяемое из условия:

$$W_б = 10^3 \cdot f \cdot h^2 \cdot \rho \cdot g \cdot l_б, \quad (2.24)$$

где f – коэффициент трения насыпного груза о стенки борта; $h_б$ – высота слоя груза у бортов, м, ($h_б = 0,65 \div 0,75 \cdot h$),

где h – высота бортов; ρ – насыпная плотность груза, т/м³; $l_б$ – длина бортов, м.

Тяговая сила конвейера определяется методом обхода по контуру (трассе конвейера по точкам сопряжений прямолинейных и криволинейных участков. Эти точки нумеруются, начиная от точки минимального натяжения тягового элемента $S_{min} = 1 \div 3$ кН по ходу движения конвейера.

Ориентировочно в наклонных конвейерах S_{min} имеет место в верхней точке наклонного участка при $tg \beta < \omega$ и в нижней – при $tg \beta > \omega$.

В горизонтальных конвейерах S_{min} находится в точке сбегания цепи с приводной звездочки.

При обходе контура и определении натяжения в характерных точках придерживаются следующего правила: натяжение в каждой последующей точке равно сумме натяжения в предыдущей точке и сопротивления на участке между этими точками, т. е.

$$S_{i+1} = S_i + W_{i \dots (i+1)} \quad (2.25)$$

Уточненное наибольшее статическое натяжение тяговых цепей

$$S_{cm} = 1,05 \cdot (S_{min} + \Sigma W), \text{ Н} \quad (2.26)$$

где S_{min} – начальное натяжение цепей, Н; ΣW – сумма сопротивления движению цепей, Н.

$$\Sigma W = W_{r.B} + W_{r.H} W_{H.B} + W_{H.H} + W_{k/B} + W_{K.H} + W_{зв} + W_б \quad (2.27)$$

В тяговых цепях конвейеров, получающих движение от звездочек, вследствие неравномерного движения цепей возникают динамические нагрузки, которые приближенно можно определить из выражения:

$$F_{дин} \approx \frac{60 \cdot v^2 \cdot L}{z^2 \cdot t} (q_r + \kappa_1 \cdot q_0), \quad (2.28)$$

где L – длина конвейера, м; z – число зубьев ведущей звездочки; t – шаг тяговой цепи, м; K_1 – коэффициент приведения массы (учитывающий, что не все элементы конвейера движутся с максимальным ускорением, а также влияние упругости цепи) (см. таблицу 2.6) [7].

Таблица 2.6

Длина конвейера, м	K_1
Менее 25	2
25 ÷ 60	1,5
Более 60	1

При скорости полотна до 0,2 м/с динамические нагрузки на цепи можно не учитывать.

Максимальное натяжение тягового органа с учетом динамической нагрузки

$$S_{max} = S_{ст} + S_{дин}. \quad (2.29)$$

Уточненное расчетное натяжение для двух цепей

$$S_{расч} = 1,5 \cdot S_{max} / 2.$$

По величине расчетного усилия $S_{расч}$, полученного проверочным расчетом, делают проверочный расчет принятой цепи на прочность из условия:

$$S_{разр} \geq S_{расч} \cdot K_u, \quad (2.30)$$

где $S_{расч}$ – разрушающая нагрузка одной цепи (по каталогу); K_u – коэффициент запаса прочности цепи (для горизонтального конвейера $K_u = 6 \div 8$; для наклонного – $K_u = 8 \div 10$).

Мощность привода по уточненному значению тяговой силы:

$$N = \frac{P_0 \cdot v}{10^3 \cdot \eta_{пр}}, \text{ кВт} \quad (2.31)$$

где $P_0 = S_{ст} - S_0$ – окружное усилие на звездочке, Н; $\eta_{пр}$ – КПД привода.

По вычисленной мощности выбирают электродвигатель по каталогу, определяют частоту вращения приводного вала конвейера из выражения:

$$n_{не} = \frac{60 \cdot v}{\pi \cdot D^3} = \frac{60 \cdot v}{z \cdot t}, \quad (2.32)$$

где v – скорость тягового органа, м/с; D_0 – диаметр делительной окружности приводной звездочки, м; z – число зубьев приводной звездочки; t – шаг тяговой цепи, м.

Определяют передаточное число i передаточного механизма

$$i = \frac{n_d}{n_{не}} \quad (2.33)$$

и по каталогу выбирают редуктор.

Определяют фактическую скорость движения ходовой части конвейера

$$v_{ф} = \frac{z \cdot t \cdot n}{60 \cdot i} \quad (2.34)$$

По фактической скорости движения уточняют производительность конвейера:

у конвейеров без бортов:

$$Q_{\phi} = 648 \cdot B^2 \cdot k_{\beta} \cdot v_{\phi} \cdot \rho \cdot \operatorname{tg}(0,4 \cdot \varphi); \quad (2.35)$$

у конвейеров с бортами:

$$Q_{\phi} = 900 \cdot B \cdot v_{\phi} \cdot \rho [B \cdot k_{\beta} \operatorname{tg}(0,4 \cdot \varphi) + 4h \cdot \psi] \quad (2.36)$$

Обозначения те же, что и в формулах (2.5) и (2.6).

2.5 Пример расчета

Рассчитать пластинчатый конвейер производительностью $Q=130$ т/ч, предназначенный для транспортирования штучных грузов плотностью $\rho=0,95$ т/м³ и размером по диагонали $b=700$ мм, единичной массой $m=180$ кг. Длина конвейера 45 м, разгрузка в конце загруженной ветви. Условия работы – средние.

Расчетная схема конвейера показана на рисунке 2.1.

Для заданных условий работы, исходя из размеров груза, выбираем по формуле (2.8) ширину настила:

$$B = b + b' = 700 + 100 = 800 \text{ мм,}$$

где b' – запас ширины настила, для штучных грузов принимаем $b'=100$ мм.

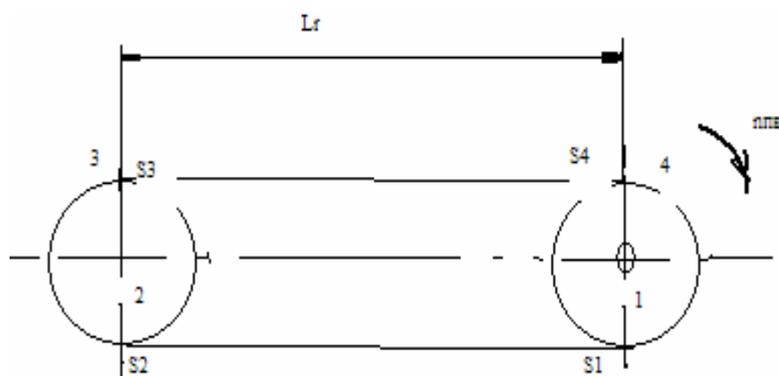


Рисунок 2.1. Расчетная схема конвейера

По ГОСТ 22281-76 (таблица 1.1) принимаем ширину настила $B=800$ мм. По таблице 1.4 принимаем шаг цепи $t=400$ мм. В соответствии с рекомендациями таблицы 1.2 принимаем скорость движения ходовой части $v=0,2$ м/с.

В качестве тягового органа предварительно принимаем две пластинчатые катковые с ребрами на катках цепь номер М112 с разрушающей нагрузкой по ГОСТ 558-81 $F_{разр}=112$ кН.

Погонная масса груза (2.11)

$$q_r = \frac{Q}{3,6 \cdot v} = \frac{130}{3,6 \cdot 0,2} = 180 \text{ кг/м.}$$

Шаг расположения грузов на настиле (2.14)

$$a = \frac{3,6 \cdot m \cdot v}{Q} = \frac{3,6 \cdot 180 \cdot 0,2}{130} = 1,0 \text{ м.}$$

Приблизленно погонная масса ходовой части конвейера по формуле (2.10)

$$q_0 = 60 \cdot B + K = 60 \cdot 0,8 + 45 = 93 \text{ кг/м,}$$

где для мелкого груза ($\rho < 1$) из таблицы 2.5 принят $K=45$.

Из таблицы 2.4. выбираем коэффициент сопротивления движению $\omega=0,1$.

Приняв наименьшее натяжение в точке их сбегания с приводных звездочек.

$$S_I = S_{min} = 1000 \text{ Н.}$$

Найдем из формулы (2.9) тяговую силу конвейера:

$$S_{max} = 1,1 \cdot 1000 + 0,1 [(180 \cdot 0,8 + 93 \cdot 0,8) \cdot 45 + 93 \cdot 45 \cdot 0,81] = 18983 \text{ Н.}$$

Динамическая нагрузка на цепи по формуле (2,28)

$$F_{дин} = \frac{60 \cdot v^2 \cdot L}{z^2 \cdot t} (q_r + K_1 \cdot q_0) = \frac{60 \cdot 0,2^2 \cdot 45}{6^2 \cdot 0,4} (180 + 1,5 \cdot 93) = 2396 \text{ Н}$$

Число зубьев звездочек для тяговых цепей $z=6$.

Определим натяжение в характерных точках конвейера методом обхода по контуру и уточним значение S_{max} .

Обход начинаем от точки с наименьшим натяжением $S_{min} = S_I = 1000 \text{ Н.}$

Сопротивление на участке холостой ветви конвейера согласно формуле (2.18)

$$W_{r.н} = q_0 \cdot L_n \cdot \omega = 93 \cdot 9,81 \cdot 45 \cdot 0,1 = 4105 \text{ Н;}$$

то же на нагруженной ветви согласно (2.17).

Натяжение цепей в точке набегания цепей на натяжные звездочки согласно (2.25)

$$S_2 = S_1 + W_{r,n} = 1000 + 4105 = 5105 \text{ Н.}$$

Сопротивление на натяжных звездочках по формуле: (2.23)

$$W_{3\phi} = S_2 (\xi - 1) = 5105(1,05 - 1) = 5105 \cdot 0,05 = 255 \text{ Н.}$$

Натяжение цепей в точке сбегания с натяжных звездочек

$$S_3 = S_2 + W_{3\phi} = 5105 + 255 = 5360 \text{ Н.}$$

Натяжение в точке набегания загруженных ветвей цепей на приводные звездочки:

$$S_4 = S_3 + W_{r,\phi} = 5360 + 12052 = 17412 \text{ Н.}$$

Натяжение в набегающих на приводные звездочки тяговых цепей с учетом сопротивлений на приводных звездочках.

$$S_{наб} = S_4 + W_{зв} = S_4 + S_4(\xi - 1) = \xi \cdot S_4 = 1,05 \cdot 17412 = 18283 \text{ Н.}$$

Уточненное значение тяговой силы конвейера

$$S = S_3 + W_{r,b} = 5360 + 12052 = 17412 \text{ Н.}$$

Натяжение в набегающих загруженных на приводные звездочки тяговых цепей с учетом сопротивлений на приводных звездочках

$$S_{наб} = S_4 + W_{зв} = S_4 + S_4(\xi - 1) = \xi \cdot S_4 = 1,05 \cdot 17412 = 18283 \text{ Н.}$$

Уточненное значение тяговой силы конвейера

$$S = S_{наб} - S_{сб} = 18283 - 1000 = 17283 \text{ Н,}$$

что отличается от полученного ранее на 4÷5 %.

Расчетное натяжение одной цепи

$$S_{расч} = 0,6 \cdot (S_{max} + F_{дин}) = 0,6(18283 + 2396) = 12407 \text{ Н,}$$

где $S_{max} = S_{наб}$.

Разрушающая нагрузка цепи при коэффициенте запаса прочности $\kappa_{ц} = 8$.

$$S_{разр} = S_{расч} \cdot \kappa_{ц} = 12407 \cdot 8 = 99256 \text{ Н} \approx 99,26 \text{ кН,}$$

т. е. меньше разрушающей нагрузки (112 кН) выбранной цепи.
Необходимая мощность на приводном валу конвейера согласно (2.31).

$$N_{\text{в}} = \frac{P_0 \cdot v}{10^3} = \frac{17283 \cdot 0,2}{10^3} = 3,45 \text{ кВт}.$$

Требуемая мощность двигателя при КПД привода $\eta_{\text{пр}}=0,94$ и коэффициенте запаса прочности $\kappa=1,2$.

$$N_{\text{дв}} = \frac{\kappa \cdot N_{\text{в}}}{\eta_{\text{пр}}} = \frac{1,2 \cdot 3,45}{0,94} = 4,41 \text{ кВт}$$

По таблицам выбираем электродвигатель мощностью 5,5 кВт с частотой вращения 720 об/мин.

Передаточное число привода определяется по формуле (2.33)

$$i = \frac{n_{\text{эв}}}{n_{\text{нв}}} = \frac{720}{5} = 144,$$

где $n_{\text{нв}}$ определяется по формуле (2.32)

$$n_{\text{нв}} = \frac{60 \cdot v}{\pi \cdot D^3} = \frac{60 \cdot v}{z \cdot t} = \frac{60 \cdot 0,2}{6 \cdot 0,4} = 5 \text{ об/мин.}$$

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Александров М. П. Подъемно-транспортные машины. – М: Машиностроение, 1985. – 250 с.
- 2 Вайсон А. А. Подъемно-транспортные машины. – М: Машиностроение, 1989. – 523 с.
- 3 Сурашов Н. Т., Гудович М. И. Подъемно-транспортные машины. Учеб. пособие. – Алматы: КазНТУ, 2012. – 322 с.
- 4 С. М. Назарбаева, Н. Т. Сурашов, М. И. Гудович. Робототехника и подъемно-транспортные системы: Учебник– Алматы: Дәуір, 2011. – 464 с.
- 5 Кузьмин А. В., Марон Ф. Л. Справочник по расчетам механизмов подъемно-транспортных машин. – Минск: Высш. шк., 1983. – 350 с.
- 6 Джиенкулов С. А., Саргужин М. Х. Расчеты перспективных ленточных конвейеров. – Алматы: РИК МО РК, 1994. – 252с.
- 7 Зенков Р. А., Ивашков И. И., Колобов Л. И. Машины непрерывного транспорта. – М.: Машиностроение, 1980. – 304 с.
- 8 Гудович М. И., Мауленов Ж. К., Сурашов Н. Т., Бурцев В. В. Машины непрерывного транспорта (теория, конструкция и расчет). – Алматы: КазГАСА, 2003. – 137 с..
- 9 Бурцев В. В., Гудович М. И., Сурашов Н. Т. Расчет пластинчатых конвейеров с применением ПЭВМ. – Алма-Ата: ААС, 1992. – 40 с.
- 10 Сливаковский А. О., Дьячков В. К. Транспортирующие машины. – М.: Машиностроение, 1983. – 487 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1. Назначение и конструктивное устройство.....	4
1.1. Общие сведения.....	4
1.2 Составные элементы конвейеров.....	5
2 Расчет пластинчатых конвейеров.....	8
2.1 Определение скорости полотна.....	9
2.2 Выбор типа настила и определение его ширины.....	9
2.3 Тяговый расчет конвейера.....	12
2.4 Проверочный расчет конвейера.....	13
2.5 Пример расчета.....	17
Список использованной литературы.....	21

Св. план 2014 г.

Нургали Толымбекович Сурашов
Михаил Иванович Гудович
Галия Рахимовна Толымбекова

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО КУРСОВОМУ
ПРОЕКТИРОВАНИЮ НА ТЕМУ
«РАСЧЕТ ПЛАСТИНЧАТЫХ КОНВЕЙЕРОВ»
ПО КУРСУ «ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ»

(для специальности 5В071300 «Транспорт, транспортная техника и
технологии»)

Редактор Г. М. Дюсенбаева

УТВЕРЖДЕНЫ – Председателем научно-методического совета ИПИ
Турдалиевым А. Т. «28» февраля 2014 г.

СОГЛАСОВАНЫ – Зав. каф. ПТМиГ
Сурашовым Н. Т. «20» февраля 2014 г.

Подписано в печать 30.01.2014 г.

Тираж 100 экз. Формат 60x80 1/16. Бумага типографская № 1.

Объем 1,4 п. л. Заказ 191. Цена договорная

Издание Казахского национального технического университета
имени К.И. Сатпаева
Учебно-издательский центр КазНТУ
г. Алматы, ул. Сатпаева, 22