

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
КАФЕДРА ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

для выполнения лабораторных работ по курсу
«Проектирование механосборочных участков и цехов»
на тему **«Расчёт скребковых и винтовых конвейеров»**

для студентов специальности
1-36 01 01 «Технология машиностроения»
дневной и заочной форм обучения

Брест 2014

В методических указаниях приведены основные теоретические сведения об условиях и режимах работы скребковых и винтовых конвейеров, а также перемещаемых ими грузов. Изложены подробные рекомендации по выполнению лабораторных работ на данную тему, а также требования к содержанию отчета. Методические указания предназначены для студентов специальности 1-36 01 01 «Технология машиностроения»

Составители: А.П. Акулич, к.т.н., доцент
Л.И. Акулич, ст. преподаватель
В.А. Сокол, ст. преподаватель
А.Н. Парфиевич, ассистент кафедры

КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

1 Основные положения

Основные назначения машин непрерывного транспорта – перемещение грузов по заданной трассе. Одновременно с этим они могут распределять грузы по заданным пунктам, складывать их, накапливая в обусловленных местах, перемещать по технологическим операциям, отводить стружку от технологических позиций и обеспечивать необходимый ритм производственного процесса.

2 Условия и режимы работы конвейеров [1]

Условия работы конвейеров определяются числом часов работы в сутки и дней работы в году, характеристикой места установки, температурой окружающей среды, влажностью или запыленностью воздуха (см. таблицы 1 и 2).

Различают пять режимов работы: весьма лёгкий (ВЛ), лёгкий (Л), средний (С), тяжёлый (Т), весьма тяжёлый (ВТ), которые определяются сочетанием классов использования конвейеров по времени (В), производительности (П), грузоподъёмности (Н), натяжению гибкого органа (Ц) (см. таблицу 3).

Классы использования конвейеров по времени характеризуются продолжительностью их работ в сутки или год. (см. таблицу 4).

Классы использования конвейеров по производительности характеризуются общим коэффициентом загрузки, который представляет отношение средней производительности к максимальной. К классу П₁ относятся конвейеры, для которых это соотношение не выше 0,25; к классу П₂ – от 0,25 до 0,63; к классу П₃ – от 0,63 до 1,0.

Классы использования конвейеров по грузоподъёмности характеризуются отношением максимальной фактической нагрузки на грузонесущий орган к его максимальной грузоподъёмной силе. К классу Н₁ относятся конвейеры, для которых это отношение не выше 0,5; к классу Н₂ – от 0,5 до 0,63; к классу Н₃ – от 0,63 до 1,0.

Класс использования конвейера по нагружению (натяжению) тягового элемента определяется в зависимости от отношения максимального фактического натяжения к допускаемому. Для конвейеров класса Ц₁ это соотношение составляет не более 0,63; класса Ц₂ – от 0,63 до 0,8; для класса Ц₃ – от 0,8 до 1,0.

Таблица 1 – Условия работы конвейера в зависимости от характеристики его установки

Условия работы	Характеристика места установки
Лёгкие (Л)	Чистое, сухое, отапливаемое, хорошо освещённое помещение; отсутствует абразивная пыль; конвейер доступен для обслуживания, осмотра и ремонта
Средние (С)	Отапливаемое помещение; небольшое количество абразивной пыли; временно влажный воздух; средняя освещённость и доступность для обслуживания
Тяжёлые (Т)	Неотапливаемое помещение; возможны большое количество абразивной пыли и повышенная влажность воздуха; плохая освещённость и доступность для обслуживания
Весьма тяжёлые (ВМ)	Очень пыльная атмосфера и наличие факторов, вредно влияющих на работу конвейера.

Таблица 2 – Дополнительные параметры, определяющие условия работы конвейера

Параметр	Условия работы			
	Легкие (Л)	Средние (С)	Тяжёлые (Т)	Весьма тяжёлые (ВТ)
Время работы в сутки, ч	до 6	6...12	12...18	свыше 18
Свойства груза: насыпная плотность, т/м ³	до 0,6	0,6...1,1	1,1...2,0	свыше 2,0
Размер куска, мм	до 20	20...60	60...160	свыше 160
Абразивность и коррозионность	нет	средние	средние	повышенные
Влажность воздуха, %	до 50	50...65	65...90	свыше 90
Запыленность воздуха, мг/м ³	до 10	10...100	100...150	свыше 150
Температура окружающей среды, °С	+5...+25	0...+30	-20...+30	-40...+40

Примечание: Если условия по таблицам 1 и 2 не совпадают, то следует принимать более тяжёлые условия работы конвейеров.

Таблица 3 – Режимы работы конвейеров в зависимости от классов их использования

Режим работы	Класс использования конвейеров			
	по времени	по производительности	по грузоподъёмности	по натяжению тягового элемента
ВЛ	В ₁	П ₁ , П ₂	Н ₁ , Н ₂	Ц ₁
Л	В ₁ , В ₂	П ₁ , П ₂ , П ₃	Н ₁ , Н ₂ , Н ₃	Ц ₁ , Ц ₂ , Ц ₃
С	В ₃	П ₁ , П ₂	Н ₁ , Н ₂	Ц ₁ , Ц ₂
Т	В ₄ , В ₅	П ₁ , П ₂	Н ₁ , Н ₂	Ц ₁ , Ц ₂
ВТ	В ₅	П ₂ , П ₃	Н ₂ , Н ₃	Ц ₂ , Ц ₃

Таблица 1.4 – Классы использования конвейеров по времени

Время	Класс использования конвейеров по времени				
	В ₁	В ₂	В ₃	В ₄	В ₅
Время фактической работы конвейера, ч: в сутки в год	до 5 до 1600	5..7 1600...2500	7...16 2500...4000	16...24 4000...6300	24 6300...8000

3 Транспортируемые грузы

Грузы, перемещаемые машинами непрерывного транспорта, разделяются на штучные и насыпные.

Насыпные грузы состоят из частиц (кусков) различной формы. Основными свойствами, характеризующими груз как сыпучую среду, являются крупность, насыпная плотность, сыпучесть, коэффициенты внутреннего и внешнего трения (см. приложение 1).

Насыпные грузы характеризуются размером a' типичного куска. Для сортированных грузов за типичный кусок принимают:

$$a' = \frac{(a_{\max} + a_{\min})}{2}$$

Для рядовых грузов принимают:

$$a' = (0,8 \dots 1,0) \cdot a_{\max},$$

где a_{\max} , a_{\min} – соответственно максимальный и минимальный размеры частиц груза.

В зависимости от размера a' , мм, насыпные грузы разделяют на особо крупнокусковые ($a' > 320$), крупнокусковые ($160 < a' \leq 320$), средnekусковые ($60 < a' \leq 160$), мелкокусковые ($10 < a' \leq 60$), крупнозернистые ($2 < a' \leq 10$), мелкозернистые ($0,5 < a' \leq 2$), порошкообразные ($0,05 < a' \leq 0,5$) и пылевидные ($a' \leq 0,05$).

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

ТЕМА: РАСЧЁТ СКРЕБКОВЫХ КОНВЕЙЕРОВ

Цель работы: приобретение практических навыков расчёта скребковых конвейеров для различных исходных данных.

Инструменты и принадлежности: справочная литература, калькулятор.

Общие положения

Скребковые конвейеры составляют значительную группу машин непрерывного транспорта, основанных на принципе волочения транспортируемого груза 1 (см. рисунок 1) по желобу 2, плоскому настилу или подстилке при помощи скребков 3, прикреплённых к тяговому элементу 4.

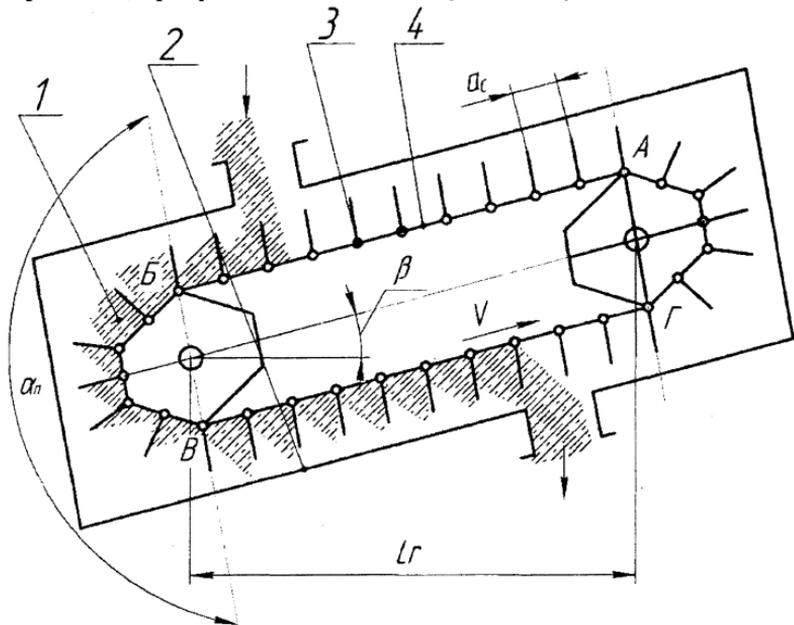


Рисунок 1 – Расчетная схема скребкового конвейера

Груз при этом движется отдельными порциями перед каждым скребком. При перемещении происходит его трение о днище и боковые стенки желоба, перемешивание и измельчение, что связано со значительными затратами энергии. В качестве гибких тяговых элементов в скребковых конвейерах в основном используют цепи (реже канаты и ленты). При данном тяговом элементе шаг скребков кратен шагу цепи.

Скребковые конвейеры подразделяются:

- по назначению – стационарные, передвижные, колесные, переносные, разборные, переносные, разборные, подвесные, поворотные и встроенные в машины;

- по конструкции трассы – горизонтальные, наклонные, вертикальные и комбинированные;
- по конструктивному исполнению – с одной и двумя рабочими ветвями, одностороннего действия реверсивные;
- по числу цепей в тяговом элементе – одно- (с одним ценным контуром), двух- (с двумя) и трёхцепные (с тремя параллельными ценными контурами);
- по расположению цепи в пространстве – вертикально и горизонтально замкнутые;
- по конструкции желоба – открытые и замкнутые (герметичные).

Преимуществами скребковых конвейеров являются простота конструкции, малая высота, безопасность, возможность транспортировки различных грузов по сложным трассам без перегрузки, отсутствия пыления, пожаро- и взрывоопасности, простота автоматизации загрузки и разгрузки во многих точках трассы.

К недостаткам можно отнести значительный расход энергии, повышенный износ движущихся частей и желобов, шум, возможность образования заторов груза и заклинивание скребкового полотна.

Расчёт скребковых конвейеров состоит в выборе скорости полотна и типа настила, определении его геометрических размеров, сил натяжения тягового элемента в характерных точках трассы и мощности привода, выборе типоразмеров тягового элемента, электродвигателя и передаточного механизма. Расчёт скребковых конвейеров ведётся в следующей последовательности.

1 Исходные данные

В качестве исходных данных используются:

- вид груза (штучный, насыпной, навалочный и т. д.);
- физико-механические свойства груза (масса, размеры, насыпная плотность, угол естественного откоса);
- производительность;
- параметры трассы (углы наклона, длины участков).

Количество образующейся стружки в час (производительность) Q , т/ч, для выполнения годового объёма можно определить по весу заготовки и детали:

$$Q = \frac{(Q_{\text{заг}} - Q_{\text{дет}}) \cdot N}{1000 \cdot \Phi_{\text{д}}} \cdot K_3 \cdot K_4,$$

где $Q_{\text{заг}}$, $Q_{\text{дет}}$ – масса соответственно заготовки и детали, кг;

N – объём выпуска в год, шт.;

$\Phi_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд времени работы оборудования (см. таблицу 5);

K_3 , K_4 – коэффициенты соответственно загрузки и использования оборудования (см. таблицу 6).

Таблица 5 – Действительные фонды времени работы оборудования

Оборудование	Режим работы					
	односменный		двухсменный		трёхсменный	
	Потери времени, %	Фд, ч	Потери времени, %	Фд, ч	Потери времени, %	Фд, ч
1. Металлорежущие станки массой до 10т и до 30 РЕ	2	2030	3	4015	4	5960
2. Металлорежущие станки массой 10...100т и более 30 РЕ	3	2009	6	3890	10	5590
3. Металлорежущие станки с ПУ и станки типа ОЦ массой, т:						
- до 10	-	-	7	3849	9	5949
- 10...100	-	-	9	3766	11	5525
4. Агрегатные станки	-	-	4	3973	5	5898
5. Автоматически станки	-	-	10	3725	12	5465
6. РТК, ГПМ массой, т:						
- до 10	-	-	-	-	5	5898
- 10...100	-	-	-	-	13	5401

Примечание: РЕ – ремонтная сложность.

Таблица 6 – Допускаемые значения коэффициентов загрузки и использования оборудования

Группа оборудования	Коэффициент загрузки оборудования		Коэффициент использования оборудования
	максимальный	средний по группе	
Универсальные станки	0,95...1,00	0,80	0,90
Автоматы и полуавтоматы одношпиндельные	0,95...1,00	0,85	0,85
Автоматы и полуавтоматы многошпиндельные	0,90	0,90	0,80
Специальные и агрегатные станки	0,90	0,90	0,80
Автоматические линии	0,95...1,0	0,90	0,75
Станки с ЧПУ	0,95	0,90	0,85

В зависимости от объёма стружки и площади участка можно выбрать метод удаления стружки, пользуясь таблицами 7, 8 и 9.

Таблица 7 – Условия применения различных систем уборки стружки

Показатель	Система М	Система К	Система А	Система КА
Площадь с которой получают стружку, м ²	1000...2000	2000...3000	свыше 3000	свыше 3000
Количество стружки, т/ч	до 0,3	0,3...0,65	0,65...1,20	свыше 1,2
Общее количество стружки в год, Т	–	–	не менее 3,0	свыше 5,0

Примечания:

1. Система М – механизированная с использованием ручного труда, средств малой механизации, напольного транспорта, перемещающего стружку в таре в отделение переработки.

- Система К – линейные конвейеры, доставляющие стружку в тару, а напольный транспорт перемещает тару в отделение переработки стружки.
- Система А – автоматизированная, когда линейные конвейеры доставляют стружку с участка к магистральным конвейерам, которые в свою очередь транспортируют стружку на накопительную площадку или бункерную эстакаду, расположенную за пределами цеха.
- Система КА – комплексно-автоматизированная система линейных и магистральных конвейеров с транспортировкой стружки в отделение переработки.

Таблица 8 – Типы конвейеров для транспортирования стружки

Тип конвейера	Группа стружки					
	I	II	III	IV	V	VI
Скребковый	+	+	–	–	–	–
Одновинтовой	+	+	–	–	–	–
Двухвинтовой	–	+	+	–	–	–
Пластинчатый	–	–	+	+	+	+
Ершово-штанговый	–	–	+	+	+	–
Магнитный	+	+	+	+	+	+

Примечания:

- Знак «+» означает рекомендуемый тип конвейера.
- Вид стружки: I – элементарная (мелкая крошка, хусочки, высечка); II – элементарная (в виде витков, колечки); III – автоматный жгутик, мелкий выюн; IV – средний выюн длиной 100...200 мм, сечение 20...30 мм²; V – крупный выюн сечение 40...60 мм²; VI – саблевидная с однослойными витками диаметром до 1000 мм, сечение до 100 мм².

Таблица 9 – Конструктивные разновидности конвейеров для уборки стружки

Материал стружки	Линейные конвейеры			Магистральные конвейеры		
	Вид	Ширина, мм	Длина, мм	Вид	Ширина, мм	Длина, мм
Сталь	Пластинчатые	400...500	200	Пластинчатые	800	145
	Винтовые	400...500	80			
Чугун	Скребковые	180...500	145	Скребковые Ленточные	800	145
	Вибрационные	180...500	145			
	Винтовые	400...500	60			
Алюминий	Лотковые с гидросмывом	250...400	-	Пластинчатые	600	200

Примечание: Линейные конвейеры размещают в каналах глубиной 600...700 мм, магистральные – в проходных тоннелях глубиной до 3000 мм.

2 Определение скорости полотна

Скорость полотна ввиду больших сопротивлений движению, повышенного износа желоба, цепей и скребков ограничивают, и она составляет 0,10...0,4 м/с, лишь в редких случаях (конвейеры для перемещения каменного угля и зерновых продуктов) достигает до 1 м/с.

3 Определение размеров желоба

Площадь поперечного сечения желоба F , м^2 :

$$F = \frac{Q}{3600 \cdot V \cdot \rho \cdot \psi' \cdot C_3},$$

где Q – производительность конвейера, т/ч ;

V – скорость движения груза, м/с ;

ρ – насыпная плотность груза, т/м^3 (см. приложение 1);

ψ' – коэффициент заполнения желоба горизонтального конвейера;

C_3 – коэффициент, учитывающий уменьшение производительности конвейера с увеличением угла его наклона.

Полезное использование желоба можно оценить обобщённым коэффициентом Ψ

$$\psi = \psi' \cdot C_3,$$

тогда площадь поперечного сечения F , м^2 :

$$F = \frac{Q}{3600 \cdot V \cdot \rho \cdot \psi},$$

Обобщённый коэффициент использования сечения Ψ ориентировочно можно определить:

$$\psi = 0,01 \cdot (\beta' - \beta),$$

где β' – условный угол (угол трения груза о настил), град; для хорошо сыпучего груза;

$\beta' = 60^\circ$; для плохо сыпучего груза $\beta' = 85^\circ$;

β – угол наклона конвейера, град.

Ширина желоба B , м :

$$B = K_h \cdot h_{\text{ж}},$$

где K_h – коэффициент высоты желоба: $K_h = 2,4,2,5$; меньшее значение для одноцепного конвейера, большее для двухцепных;

$h_{\text{ж}}$ – высота бортов конвейера, м .

Площадь поперечного сечения F , м^2 можно определить:

$$F = B \cdot h_{\text{ж}},$$

Тогда значение ширины желоба:

$$B = \sqrt{F \cdot K_h},$$

Ширину желоба, полученную по этой формуле, округляют до ближайшего большего по нормальному ряду: 200; 250; 320; 400; 500; 650; 800; 1000; 1200 мм .

Ширина желоба B , мм, должна удовлетворять условию:

$B \geq 3 \cdot a'$, для рядовых грузов;

$B \geq 3,5 \cdot a'$, для сортированных грузов,

где a' – размер типичных кусков груза.

Увеличение принятой ширины желоба (свыше 10%) против значения, подсчитанного по формуле $B = \sqrt{F \cdot K_n}$, требует перерасчёта скорости конвейера:

$$V_H = \left(\frac{B}{B_n}\right) \cdot V$$

Основные параметры и размеры скребковых конвейеров выбирают из следующих, предусмотренных стандартом значений:

– высоту бортов h , мм: 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 355; 400; 450 и 500;

– шаг тяговой цепи t , мм: 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630 и 800;

– число зубьев звёздочек z_c : 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12 и 13;

– скорость полотна V , м/с: 0,1; 0,125; 0,16; 0,2; 0,25; 0,315; 0,4; 0,5; 0,63; 0,8 и 1,0.

4 Уточнение производительности конвейера

При проверочном расчёте производительность конвейера Q , т/ч, определяют по формуле:

$$Q = 3600 \cdot V_n \cdot \rho \cdot \Psi \cdot B_n \cdot h_{ж}$$

5 Определение расчётных распределительных масс

Распределительная масса скребкового полотна (тяговой цепи со скребками)

q_0 , кг/м:

$$q_0 = K_0 \cdot q$$

где K_0 – коэффициент, учитывающий вид цепи;

$K_0 = 0,5 \dots 0,6$ – для одноцепных;

$K_0 = 0,6 \dots 0,8$ для двухцепных конвейеров;

q – распределённая масса груза, кг/м.

$$q = \frac{Q}{3,6 \cdot V}$$

6 Определение расчётных коэффициентов

Коэффициент бокового давления груза n_6 :

$$n_6 = \frac{K_c \cdot (1,2 + V)}{1 + 2 \cdot f^2}$$

где K_c – эмпирический коэффициент;

$K_c = 1,0$ – для стационарных; $K_c = 1,1 \dots 1,2$ – для передвижных конвейеров;

f – коэффициент внутреннего трения насыпного груза (см. приложение 1).

Коэффициент сопротивления движению груза по желобу ω_* :

$$\omega_* = f_n \cdot \left(1 + \frac{n_6 \cdot h}{B}\right),$$

где f_n – коэффициент трения груза о стенки и днище желоба (см. приложение 1);
 h – усреднённая высота слоя груза в желобе, м;

$$h = h_{ж} \cdot \Psi,$$

Коэффициент сопротивления при огибании звёздочек K_2 :

$K_2 = 1,04$ при угле перегиба $\alpha_n \leq 90^\circ$ (см. рисунок 1);

$K_2 = 1,08$ при угле перегиба $\alpha_n > 90^\circ$

7 Определение точки с наименьшим натяжением тягового элемента

Для конвейера со схемой трассы, показанной на рисунке 2.1, наименьшее натяжение тягового элемента будет в точке его сбегания с приводной звёздочки (точка А холостой ветви). Из условия предотвращения поворота скребков усилие S_{\min} , кН в этой точке:

$$S_{\min} = 3 \dots 10 \text{ кН.}$$

8 Определение натяжений в характерных точках трассы

При обходе трассы от точки А (см. рисунок 1) получаем:

– усилие в точке Б S_B , Н:

$$S_B = S_A + W = S_A + g \cdot q \cdot \omega \cdot L_r,$$

где W – сила соприкосновения движению полотна на прямолинейных участках, Н;

g – ускорение свободного падения, м/с^2 ($g = 9,81 \text{ м/с}^2$);

ω – коэффициент сопротивления движению ходовой части (см. таблицу 10);

L_r – горизонтальная проекция длины тягового элемента, м (см. рисунок 1).

Таблица 10 – Ориентировочные значения коэффициента сопротивления движению ω ходовой части на катках и опорных роликах

Условия работы конвейера	Катки на подшипниках	
	скольжения*	качения
Лёгкие (отапливаемые помещения, отсутствие абразивного загрязнения)	0,06...0,08	0,020
Средние (закрытые помещения, наличие загрязнения)	0,08...0,10	0,030
Тяжёлые (на открытом воздухе, интенсивные загрязнения)	0,10...0,13	0,045

Примечание: * Меньшие значения – для катков большего диаметра без реборд.

– усилие в точке В S_B , Н:

$$S_B = K_2 \cdot S_A,$$

– усилие в точке Г S_{Γ} , Н:

$$S_{\Gamma} = S_B + W_1 = S_B + g \cdot (q_0 \cdot \omega + q \cdot \omega_*),$$

где W_1 – сила сопротивления ходовых катков и сила сопротивления стационарных опорных катков, Н.

9 Определение окружного тягового усилия

Тяговое усилие W_o , Н на приводной звёздочке:

$$W_o = S_{НБ} - S_{СБ} + (S_{НБ} + S_{СБ}) \cdot (K_2 - 1) = S_{\Gamma} - S_A + (S_{\Gamma} + S_A) \cdot (K_2 - 1),$$

где $S_{НБ}$, $S_{СБ}$ – соответственно натяжения (усилие) набегающей и сбегающей ветвей тягового элемента, Н.

10 Определение мощности привода

Мощность привода P_e , кВт определяется по формуле:

$$P_o = \frac{K_3 \cdot W_o \cdot V}{1000 \cdot \eta_o},$$

где K_3 – коэффициент запаса ($K_3 = 1,15 \dots 1,25$);

η_o – КПД передачи от двигателя к приводному валу.

$$\eta_o = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \dots \cdot \eta_i,$$

где η_k – КПД отдельных передач (см. таблицу 11).

Таблица 11 – Средние значения коэффициентов полезного действия некоторых передач

Передача	К.П.Д.	Передача	К.П.Д.
Редуктор: одноступенчатый	0,97	с необработанными зубьями	0,90
двухступенчатый	0,94	Цепная передача	0,92
трёхступенчатый	0,92	Ременная передача	0,96
Червячная передача: с трёхходовым червяком	0,85	Вал на подшипниках качения	0,98
с двухходовым червяком	0,75	Муфта	0,99
с одноходовым червяком	0,65	Приводной орган (шкив, барабан, звёздочка): без учёта жёсткости тягового элемента	0,98
Зубчатая открытая передача: с фрезерованными зубьями	0,95	с учётом жёсткости тягового элемента	0,92

11 Выбор параметров тяговой цепи

Определяем динамическое усилие $S_{\text{дин}}$, Н цепи:

$$S_{\text{дин}} = K_u \cdot \left(\frac{2\pi \cdot V}{z_o} \right) \cdot \frac{K' \cdot m_r + K'' \cdot m_x}{t},$$

где K_u – коэффициент, учитывающий интерференцию упругих волн
($K_u = 0,75 \dots 1,5$);

z_o – число зубьев приводной звёздочки;

K', K'' – коэффициенты участия в колебательном процессе массы перемещающегося 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 длине контура тягового элемента $L = 50 \dots 120$ м; $K'' = 0,5$ при длине контура тягового элемента $L > 120$ м);

m_r – масса груза, находящегося на конвейере, кг;

m_x – масса ходовой части конвейера, кг;

t – шаг тяговой цепи, м.

При расчёте динамического усилия $S_{\text{дин}}$, Н значения длины тягового элемента L , м, массы груза m_r , кг, находящегося на конвейере, массы ходовой части m_x , кг конвейера можно вычислить приближённо по формулам:

$$L = 2 \cdot \sum L_r;$$

$$m_r = q \cdot \frac{L}{2};$$

$$m_x = q_o \cdot L.$$

Расчётное натяжение тягового элемента $S_{\text{расч}}$, Н при установившемся движении для одноцепных конвейеров:

$$S_{\text{расч}} = S_{\text{max}} + S_{\text{дин}},$$

где S_{max} – максимальное натяжение тягового элемента, Н (обычно $S_{\text{max}} = S_{\text{НБ}}$).

Расчётное натяжение тягового элемента $S_{\text{расч}}$, Н при установившемся движении для двухцепных конвейеров:

$$S_{\text{расч}} = S_{\text{расч}} / C_H,$$

где C_H – коэффициент неравномерности натяжения цепи ($C_H = 1,8$).

По ГОСТ 588 и ГОСТ 589 (см. приложение 2) по $S_{\text{расч}}$ выбираем цепь. Коэффициент запаса точности $K_{\text{зап}}$ определяется по формуле:

$$K_{\text{зап}} = \frac{Q_{\text{р.в.}}}{S_{\text{расч}}} \geq [K_{\text{зап}}],$$

где $Q_{p.v.}$ – разрушающая нагрузка, Н (по ГОСТ 588 и ГОСТ 589);

$[K_{зн}]$ – допустимый коэффициент запаса точности ($[K_{зн}] = 6 \dots 7$ для конвейеров неответственного назначения; $[K_{зн}] = 8 \dots 10$ для конвейеров, имеющих наклонные участки).

12 Выбор мощности приводного электродвигателя и редуктора

Исходя из установленной мощности $P_{\text{о}}$, кВт, определённой по формуле (см. пункт 10), выбирают электродвигатель, как правило, трёхфазный асинхронный серии 4А [2] и подбирают редуктор в соответствии с расчётным передаточным числом $U_{\text{о}}$ [3].

$$U_{\text{о}} = \frac{\pi \cdot n_{\text{д}}}{30 \cdot \omega_{\text{б}}},$$

где $n_{\text{д}}$ – частота вращения вала электродвигателя, мин^{-1} ;

$\omega_{\text{б}}$ – угловая скорость барабана звёздочки, с^{-1} ;

Передаточное число для барабана $U_{\text{б}}$:

$$U_{\text{б}} = \frac{(D_{\text{б}} + \delta_{\text{л}}) \cdot \pi \cdot n_{\text{д}}}{60 \cdot v},$$

где $D_{\text{б}}$ – диаметр барабана, м;

$\delta_{\text{л}}$ – толщина ленты, м;

v – расчётная скорость цепи, м/с.

Передаточное число для звёздочки $U_{\text{з}}$:

$$U_{\text{з}} = \frac{z_{\text{о}} \cdot n_{\text{д}} \cdot t_{\text{зв}}}{60 \cdot v},$$

где $t_{\text{зв}}$ – шаг зубьев звёздочки, м.

Угловая скорость звёздочки:

$$\omega_{\text{з}} = \frac{2\pi \cdot v}{z_{\text{о}} \cdot t_{\text{зв}}}.$$

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

ТЕМА: РАСЧЁТ ШНЕКОВЫХ КОНВЕЙЕРОВ

Цель работы: приобретение практических навыков расчёта шнековых конвейеров для различных исходных данных.

Инструменты и принадлежности: справочная литература, калькулятор.

Общие положения

Винтовые конвейеры используют в машиностроительной, химической, пищевой и других отраслях промышленности для перемещения различных грузов.

К преимуществам винтовых конвейеров относятся надёжность в эксплуатации, простое обслуживание, компактность, удобство загрузки и разгрузки.

Недостатками являются повышенный расход энергии, ограниченная длина (до 60 м), недопустимость перегрузки, возможность образования заторов.

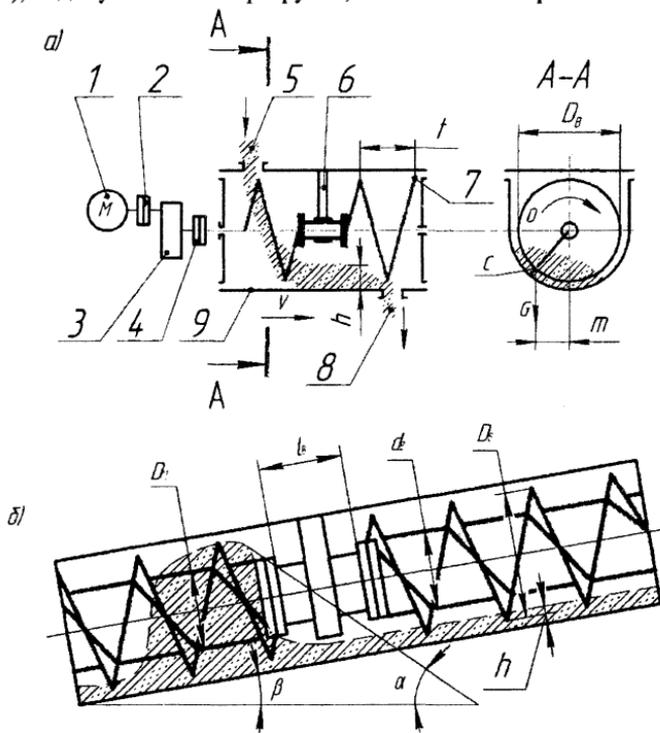


Рисунок 2 – Схемы винтовых конвейеров

По конструкции трассы различают горизонтальные, наклонные и вертикальные конвейеры. Горизонтальный винтовой конвейер (см. рисунок 2, а) включает винт 7, вращающийся в желобе 9, и подшипники 6 и 10. Привод кон-

вейера состоит из электродвигателя 1, редуктора 3 и двух муфт 2 и 4. При вращении винта на транспортируемый груз, попадающий через загрузочное отверстие 5 на конвейер, действуют поперечные составляющие сил давления винтовых лопастей и сил трения этого груза о лопасти, в результате чего центр массы груза С смещается. Возникает при этом момент силы тяжести груза относительно центра винта О препятствует дальнейшему движению груза, и последний перемещается вдоль оси конвейера в направлении транспортирования, как гайка вдоль винта, а затем высыпается из разгрузочного отверстия 8.

Наклонные винтовые конвейеры (см. рисунок 2, б) по значению угла наклона разделяются на полого- и крутонаклонные. К пологонаклонным конвейерам относятся те, угол наклона β которых не превышает угол естественного откоса α_0 транспортируемого материала. Для крутонаклонных конвейеров $\beta > \alpha_0$.

Пологонаклонные конвейеры по конструкции и принципу действия подобны горизонтальным, а крутонаклонные – вертикальным.

1 Исходные данные

В качестве исходных данных используются:

- вид груза (штучный, насыпной и т.д.);
- физико-механические свойства груза (масса, размеры, насыпная плотность и т.д.);
- производительность;
- параметры трассы;

2 Выбор частоты вращения вала винта

Частота вращения винта для горизонтальных и пологонаклонных конвейеров приведена в таблице 12.

Для вертикальных винтовых конвейеров частота вращения зависит от диаметра винта: при диаметре $D_B = 150; 250; 400$ и 500 мм, частота вращения $n_B = 210; 170; 140$ и 80 мин⁻¹, соответственно.

Таблица 12 – Коэффициент сопротивления и частота вращения для горизонтальных и вертикальных конвейеров

Насыпной груз	Коэффициент сопротивления, ω_0	Частота вращения, n_B	Насыпной груз	Коэффициент сопротивления, ω_0	Частота вращения, n_B
Гипс	4,0	50...120	Соль: каменная поваренная	2,5 4,0	60...100 60...10
Глина	4,0	20...60	Стружка: чугунная	4,2	5...50
Гравий	3,2	50...100	стальная дробленая	3,9	5...50
Известь	4,0	50...120	Стальная витая	3,6	5...50
Опилки	1,3	50...120	Уголь бурый	2,5...4,0	60...100
Песок: сухой	3,2...4,0	40...100	Угольная пыль	4,0	40...120
сырой	4,0	40...70	Цемент	3,0	40...100

3 Расчёт винта

Диаметры винта D_B , м:

$$D_B = \sqrt[3]{\frac{Q}{47 \cdot \psi \cdot n_B \cdot \rho \cdot K_B}},$$

где Q – производительность конвейера, т/ч;

ψ – коэффициент накопления желоба конвейера:

$\psi = 0,45$ для легкоподвижных грузов (мука, зерно и т.д.);

$\psi = 0,30$ для грузов средней подвижности (песок, уголь и т.д.);

$\psi = 0,15$ для тяжёлых абразивных грузов (руда, гравий);

ρ – насыпная плотность груза, т/м³ (см. приложение 1);

n_B – частота вращения винта, мин⁻¹;

$$K_B = \frac{t}{D_B} = \begin{cases} 1,0 & \text{при } \beta = 0^\circ, \\ 0,8 & \text{при } \beta > 0^\circ; \end{cases}$$

t – шаг винта, м.

Диаметр винта проверяют по кусковатости груза:

$$D_B = \begin{cases} (4 \dots 6) \cdot a' & \text{для рядового груза,} \\ (10 \dots 12) \cdot a' & \text{для сортированного груза;} \end{cases}$$

где a' – размер типичного куска.

Полученный диаметр винта округляют в сторону увеличения и принимают по ГОСТ 2037 из ряда $D_B = 100; 125; 150; 200; 250; 320; 400; 500$ и 630 мм.

Диаметр вала d_B , мм винта:

$$d_B = 35 + 0,1 \cdot D_B.$$

Винт рассчитывают на сложные напряжения состояния от изгиба под действием собственного веса, растяжения или сжатия под действием продольной силы P_B , и кручения под действием крутящего момента M_B .

Крутящий момент M_B , Н·м на валу винта:

$$M_B = \frac{1000 \cdot P_o \cdot \eta_o}{K_3 \cdot \omega},$$

где P_o – мощность привода, кВт;

η_o – КПД привода (см. пункт 10 в лаб. раб. №1);

K_3 – коэффициент запаса ($K_3 = 1,1 \dots 1,2$ для лёгких неабразивных мелкозернистых грузов; $K_3 = 1,2 \dots 1,6$ для средних и тяжёлых грузов;

$K_3 = 1,8 \dots 2,0$ для абразивных грузов);

ω – угловая скорость винта, с⁻¹.

Действующая на винт продольная сила P_v , Н:

$$P_v = \frac{2 \cdot K_c \cdot M_B}{D_B \cdot \operatorname{tg}(\alpha_{cp} + \varphi_n)},$$

где K_c – коэффициент, учитывающий, что радиус винта больше, чем радиус, на котором приложена равнодействующая сила сопротивления винта вращению ($K_c = 1,25 \dots 1,43$);

α_{cp} – средний угол подъёма винтовой линии, град;

$$\operatorname{tg} \alpha_{cp} = \frac{K_m \cdot t}{D_B},$$

K_m – коэффициент, равный 0,4...0,45;

φ_n – угол трения насыпного груза о материал винта.

4 Уточнение производительности конвейера

Производительность Q , т/ч горизонтальных и пологонаклонных винтовых конвейеров вычисляют по формуле:

$$Q = 60 \cdot n_B \cdot t \cdot \rho \cdot h^2 \cdot \sqrt{\frac{D_B}{h} - 1},$$

где h – расчётная высота слоя движущегося груза, м (см. рисунок 2, б);

$$h = D_B - L_B \cdot \operatorname{tg}(\beta + \alpha_o) \geq 0,$$

L_B – расстояние между концами соседних витков в зоне подвесного подшипника, мм;

α_o – угол обрушения сыпучего груза, град;

$$\operatorname{tg} \alpha_o = f,$$

f – коэффициент внутреннего трения груза (см. приложение 1).

Если значение h , определяемое по формуле, окажется больше чем:

$$h_{\max} = \frac{(D_M - D_B)}{2},$$

где D_M – диаметр муфты, соединяющей винты, мм,

то в формулу $Q = 60 \cdot n_B \cdot t \cdot \rho \cdot h^2 \cdot \sqrt{\frac{D_B}{h} - 1}$ подставляем значение h_{\max} .

Если значения L_B, α_o, β неизвестны, то производительность Q , т/ч можно определить по формуле:

$$Q = \rho \cdot v,$$

где v – объёмная производительность, м³/ч.

$$v = \frac{60 \cdot \psi \cdot \pi \cdot D_B^2 \cdot t \cdot n_B}{4},$$

Производительность Q , т/ч вертикального конвейера вычисляют по формуле:

$$Q = 3600 \cdot q \cdot v,$$

где v – скорость конвейера, м/с;

q – распределение массы груза, т/м;

$$q \approx \frac{(D_B^2 - d_B^2) \cdot \pi \cdot f}{4}.$$

5 Определение мощности привода

Мощность привода P_o , кВт для горизонтальных и пологонаклонных конвейеров определяют по формулам:

$$P_o = \frac{K_3 \cdot W_B \cdot v}{\eta_o}, \quad P_o = \frac{Q \cdot (\omega_o \cdot L_r \pm H) \cdot q}{3,6},$$

где W_B – окружное усилие на приводном элементе, Н;

ω_o – обобщённый коэффициент сопротивления (см. таблицу 12);

L_r – длина горизонтальной проекции трассы конвейера, м;

H – высота подъёма (опускания) груза, м;

q – ускорение свободного падения, м/с² ($q = 9,81$ м/с²).

Для грузов, не указанных в таблице 12, мощность привода P_o , кВт можно вычислить по приближённой формуле:

$$P_o = \frac{Q \cdot (\omega_o \cdot L_r \pm H) \cdot q}{3600} + \frac{D_B \cdot L_r}{20},$$

где ω_o – коэффициент сопротивления ($\omega_o = 1,9$ для графита, кукурузы, риса и т.д.;

$\omega_o = 2,2$ для руды, алюминия, дюралюминия; $\omega_o = 3$ для кокса и шлака).

Мощность P_o , кВт для вертикальных конвейеров:

$$P_o = \frac{K_3 \cdot (P_1 + P_2 + P_3)}{\eta_o},$$

где P_1 – мощность, затрачиваемая на подъём материала, кВт;

$$P_1 = \frac{Q \cdot H \cdot q}{3600},$$

P_2 – потери мощности на трение материала о стенки желоба, кВт;

$$P_2 = \frac{F_m \cdot v}{\sin \psi_B},$$

где F_m – сила трения груза о стенки желоба, кН;

$$F_m = \frac{2 \cdot m \cdot v^2 \cdot \operatorname{ctg}^2 \psi_B \cdot f_B}{1000 \cdot D_B},$$

где ψ_B – угол подъёма винтовой траектории груза, град.;

m – масса выделенного объёма, кг;

$$m = \frac{Q \cdot H}{3,6 \cdot v},$$

P_3 – потери мощности на трение материала о винт, кВт:

$$P_3 = \frac{F_m \cdot f_B \cdot v}{\sin \alpha_B},$$

где α_B – угол подъёма винта, град.

Если значения F_m , v , ψ_B , f_B и α_B неизвестны, то мощность привода P_o , кВт можно определить приближённо по формуле:

$$P_o \approx \frac{K_3 \cdot Q \cdot H \cdot q}{3600 \cdot \eta_o} \cdot (\omega' + 1),$$

где ω' – коэффициент сопротивления ($\omega' = 5,5 \dots 7,5$ для зерна; $\omega' = 6,1 \dots 7,8$ для руды;

$\omega' = 6,5 \dots 8,3$ для соли (большие значения принимают для конвейеров, работающих с малой производительностью)).

Список используемых источников

1. Машины непрерывного транспорта: учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Подъёмно-транспортные машины и оборудование»/ Р.Л. Зенков, И.И. Ивашков, Л.Н. Колобов – 2-е изд. перераб. – М.: Машиностроение, 1987. – 432 с.
2. Редукторы: справочное пособие/ Г.М. Краузе, М.Д. Крутилин, С.А. Сычко. – М.: Машиностроение, 1972. – 144 с.
3. Ромакин, Н.Е. Машины непрерывного транспорта: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений/ Н.Е. Ромакин. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 432 с.
4. Александров, М.П. Подъёмно-транспортные машины: учебник М.П. Александров. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана: Высш. шк., 2000. – 522 с.
5. Устинов, Ю.Ф. Машины непрерывного транспорта: лабораторный практикум/ Ю.Ф. Устинов, Ю.И. Калинин, Н.М. Волков. – Воронеж: Изд-во ВГАСУ, 2006. – 122 с.

Приложение 1 – Характеристики насыпных грузов

Груз	Насыпная плотность ρ , т/м ³	Коэффициент внутреннего трения f	Коэффициент внешнего трения f_b	Материал поверхности трения
Апатит порошкообразный	1,58...1,70	0,60...0,65	0,58 0,60 0,63 0,55	Сталь Дерево Резина Бетон
Алюминий	0,07...0,22	0,60...0,80	0,50...0,70	Сталь
Гипс	0,81...1,60	0,58...0,82	0,61...0,78	Сталь
Глинозем порошкообразный	0,90...1,07	0,54...0,56	0,42...0,54 0,45...0,53 0,43...0,48 0,50	Сталь Дерево Резина Бетон
Гравий	1,50...2,00	0,49...1,00	0,58...1,00	Сталь
Земля формовочная	0,84...1,30	0,58...0,73	0,46...0,71	Сталь
Зола	0,40...0,90	0,84...1,20	0,60...0,85	Сталь
Мука	0,45...0,70	0,57...1,16	0,49...0,65	Сталь
Опилки древесные	0,16...0,30	0,60...1,50	0,39...0,83 0,32...0,80	Сталь Дерево
Песок	1,23...1,90	0,57...0,84	0,46...0,56 0,58...0,84	Резина Бетон
Стружка: чугунная	1,50...2,00	0,50...0,91	0,46...0,75	Сталь
стальная дробленая	1,10...1,50	0,47...0,90	0,35...0,65	Сталь
стальная витая	0,30...0,60	0,40...0,80	0,30...0,58	Сталь
Соль поваренная	0,72...1,85	0,57...1,20	0,63	Резина
Торф	0,29...0,80	0,62...1,19	0,45...0,75 0,35...0,80	Сталь Дерево
Уголь каменный	0,60...0,95	0,51...1,00	0,29...0,84 0,84...1,00 0,55...0,70 0,50...0,90	Сталь Дерево Резина Бетон
Цемент	0,90...1,60	0,50...0,84	0,30...0,65 0,30...0,40 0,64 0,58	Сталь Дерево Резина Бетон
Шлак	0,60...1,00	0,56...1,19	0,40...1,19 0,3 0,46...0,66	Сталь Дерево Резина

Приложение 2 – Параметры тяговых пластинчатых цепей (по ГОСТ 588)

Номер цепи	Разрушающая нагрузка, кН	Шаг цепи t*, мм	Диаметра наружный, мм			
			валика	втулки	ролика	катка
M20	20	40-160**	6,0	9,0	12,5	25
M28	28	50-200**	7,0	10,0	15,0	30
M40	40	63-250	8,5	12,5	18,0	36
M56	56	63-250**	10,0	15,0	21,0	42
M80	80	80-315	12,0	18,0	25,0	50
M112	112	80-400**	15,0	21,0	30,0	60
M160	160	100-500**	18,0	25,0	36,0	70
M224	224	125-630**	21,0	30,0	42,0	85
M315	315	160-630**	25,0	36,0	50,0	100
M450	450	200-800	30,0	42,0	60,0	120
M630	630	250-1000	36,0	50,0	70,0	140
M900	900	250-1000**	44,0	60,0	85,0	170
M1250	1250	315-1000**	50,0	71,0	100,0	200
M1800	1800	400-1000	60,0	85,0	118,0	236

Примечание:

- *Шаг цепи выбирается из ряда: 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 315; 400; 500; 630; 800; 1000мм;
- ** Применение шагов для катковых цепей не допускается.

Приложение 3 – Параметры тяговых разборных цепей (по ГОСТ 589)

Обозначение цепи	Шаг цепи t, мм	Разрушающая нагрузка, кН	Размеры, мм				Масса 1 м цепи, кг, не более
			шаг зацепления, T _ц	ширина звена, В	расстояние между наружными звеньями, В _{вн}	диаметр валика, d	
63-63	63	63	126	18	15	8	1,4
80-106	80	106	160	30	21	12	3,2
80-290	80	290	160	42	32	18	8,7
100-160	100	160	200	32	27	14	3,8
100-220	100	220	200	37	27	16	5,2
125-250	125	250	250	46	34	17	7,4
160-290	160	290	320	40	34	18	5,7
160-400	160	400	320	59	42	24	9,1
200-630	200	630	400	66	52	26	16,5
250-1000	250	1000	500	80	63	34	24,0

Примечание: *Обозначение относится к горячештамповочным цепям с фиксированными валиками (тип P2).

Учебное издание

Составители:

*Антон Павлович Акулич
Людмила Ивановна Акулич
Виктор Александрович Сокол
Андрей Николаевич Парфиевич*

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

для выполнения лабораторных работ по курсу
«Проектирование механосборочных участков и цехов»
на тему *«Расчёт скребковых и винтовых конвейеров»*

для студентов специальности
1-36 01 01 «Технология машиностроения»
дневной и заочной форм обучения

Ответственный за выпуск: А.Н. Парфиевич
Редактор: Боровикова Е.А.
Компьютерная верстка: Боровикова Е.А.
Корректор: Е.В. Никитчик

Подписано к печати 29.08.2014 г. Формат 60×84¹/₁₆. Бумага «Снегурочка».

Усл. п. л. 4,4. Уч. изд. л. 4,5. Тираж 50 экз. Заказ № 666.

Отпечатано на ризографе учреждения образования
«Брестский государственный технический университет».
224017, г. Брест, ул. Московская, 267.