

Практическая работа №1

Расчет привода ленточного конвейера

Цель работы: рассчитать приводную станцию ленточного конвейера.

Теоретическая часть

Ленточные конвейеры предназначены для непрерывного перемещения насыпных и мелкоштучных грузов в горизонтальном, наклонном и вертикальном направлениях. Они нашли широкое применение во всех отраслях народного хозяйства, промышленности, сельском хозяйстве, в горнодобывающей, металлургической промышленности и пр. благодаря своим достоинствам:

- непрерывность транспортировки, способствующая повышению производительности машин, которые работают в комплексе с ленточными конвейерами;
- простота конструкции, надежность в работе и удобство обслуживания;
- возможность полной автоматизации с применением средств регулирования и контроля;
- возможность транспортирования грузов при углах наклона до 24° , а специальными конвейерами – до 90° , что значительно сокращает транспортные коммуникации по сравнению с другими видами транспорта;
- возможность разгрузки перемещаемого груза в любом месте трассы конвейера.

Недостатки ленточных конвейеров: большая стоимость и недостаточная долговечность ленты, невозможность транспортирования грузов высокой температуры, липких, острокромочных и др.

Конвейерная установка состоит из приводной станции, каркаса, натяжного приспособления и транспортирующего устройства, служащего одновременно тяговым и несущим органом конвейера.

В качестве транспортирующего устройства применяется прорезиненная хлопчатобумажная или брезентовая лента и т.д. шириной от 400 до 700 мм, натянутая на два барабана (рис. 1, а). Один барабан сообщает ленте движение, а другой создает натяжение ее между барабанами. Кроме того, в качестве тягового элемента применяют и втулочно-роликовую цепь с укрепленными на ней люльками (рис. 1, б).

					МиТОМ.ПТУМЦ.Пр.№1.2021.Отчет							
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Расчет привода ленточного конвейера			Лит.	Лист	Листов		
Разраб.	Болсун А.В									1	6	
Провер.	Астапенко И.В.							ГГТУ им. П.О. Сухого гр. МД-41				
Реценз.												
Н. Контр.												
Утверд.												

Наиболее широкое применение находит комбинированное транспортирующее устройство, состоящее из цепи и брезентовой ленты (рис. 1, в). Цепь располагается посередине ленты и поддерживается прикрепленными к цепи прутками. Концы прутков лежат на опорной части каркаса конвейера, по которой перемещается лента. Как правило, применяют втулочно-роликовую цепь с шагом 38 мм. Цепь надевают на звездочку 1, по обе стороны от которой имеются два свободно вращающихся барабана 2, поддерживающие ленту. Границы рабочего гнезда ленты разделяются деревянными перегородками, поддерживающими ленту в направляющих опорах. Транспортная лента может состоять из отдельных пластин. В этом случае приводные звездочки имеют форму шестигранников.

Приводная станция конвейера (рис. 1, г) состоит из электродвигателя 3, вариатора (регулятора) скорости 5, редуктора 2, вала приводного барабана с ведущими звездочками 1. Электродвигатель соединен с вариатором скорости клиноременной передачей 4. Вариатор 5 связан с редуктором муфтой, а вал приводного барабана – зубчатой передачей. Скорость движения транспортной ленты определяется технологическими требованиями и зависит от вида выпускаемых изделий или среднерасчетного такта процесса.

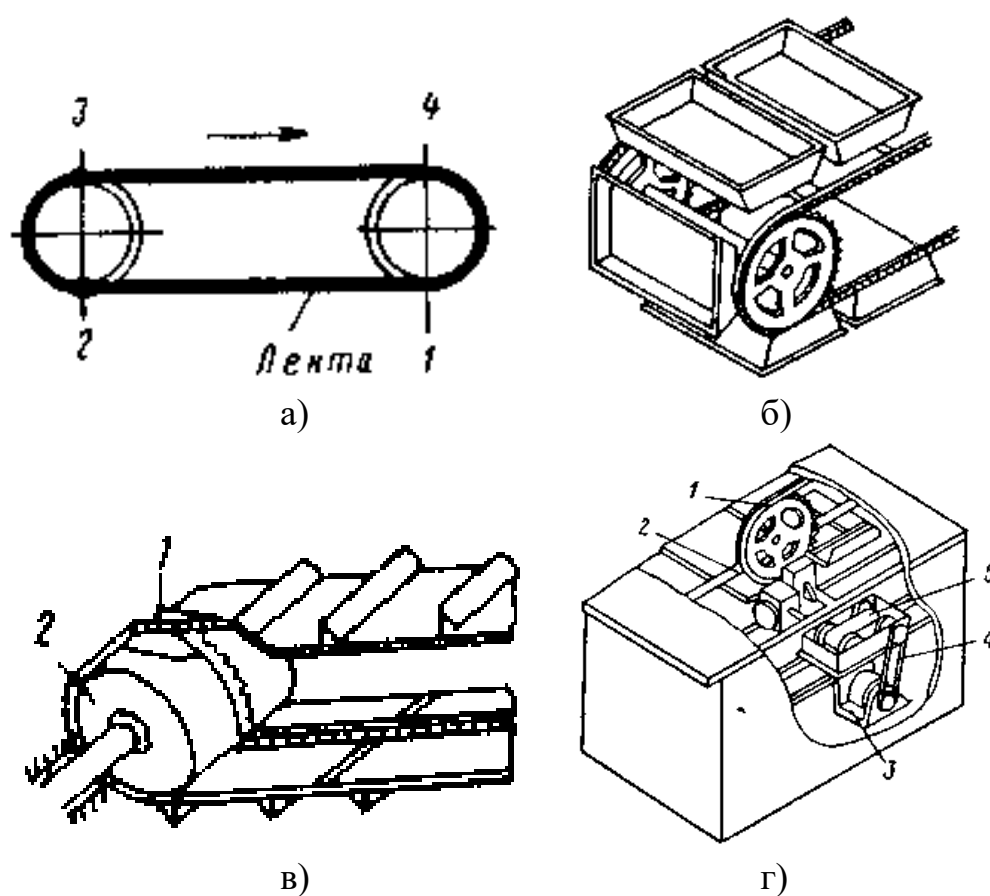


Рисунок 1 – Основные узлы конвейера

Расчет привода конвейера

Расчет привода конвейера включает определение общего передаточного отношения и мощности приводного электродвигателя.

Для определения общего *передаточного отношения* от двигателя к приводному барабану необходимо знать диаметр приводного барабана $D_б$ и скорость движения v транспортирующей ленты конвейера. По заданным или выбранным значениям линейной скорости ленты и диаметра приводного барабана (или звездочки) определяют частоту вращения приводного барабана (в об/мин).

$$n_б = \frac{v}{\pi \cdot D_б}, \quad (1)$$

где v выражается в м/мин, а $D_б$ – в м.

Общее передаточное отношение приводной станции определяется

$$i_{общ} = n_{дв}/n_б, \quad (2)$$

где $n_{дв}$ – частота вращения приводного двигателя в об/мин.

Общий КПД при последовательном соединении механизмов равен произведению КПД отдельных механизмов:

$$\eta_{общ} = \eta_{рем} \eta_{вар} \eta_{ред} \eta_{зуб} \eta_б, \quad (3)$$

где $\eta_{рем} = 0,95$; $\eta_{вар} = 0,95$; $\eta_{ред} = 0,45 \dots 0,49$; $\eta_{зуб} = 0,97$; $\eta_б = 0,98$ – КПД ременной передачи, вариатора, червячного редуктора, зубчатой передачи и приводного барабана соответственно.

Мощность приводного двигателя станции конвейера определяют по формуле

$$N_{дв} = 1,2 \cdot \frac{W_o v}{102 \eta_{общ} 60}, \text{ кВт}, \quad (4)$$

где W_o – расчетное тяговое усилие конвейера, Н; v – линейная скорость конвейера, м/мин; $\eta_{общ}$ – общий КПД передаточных механизмов.

Тяговое усилие получают по формуле

$$W_o = S_{нб} - S_{сб} + W_б, \quad (5)$$

где $S_{нб}$ – натяжение ленты в точке набегания на приводной барабан (по рис. 1, а $S_{нб} = S_4$); $S_{сб}$ – натяжение ленты в точке сбегания с приводного барабана (по рис. 1, а $S_{сб} = S_1$); $W_б$ – сопротивление приводного барабана.

Сопротивление приводного барабана принимают равным 3...5 % от суммы сил натяжения, набегающей и сбегаяющей ветвей, т. е.

$$W_б = (0,03 \dots 0,05) (S_{нб} + S_{сб}). \quad (6)$$

Натяжение сбегаяющей ветви ленты $S_{сб} = S_1$ определяется из следующих формул:

$$S_{нб} = S_{сб} e^{fa} \quad \text{или} \quad S_4 = S_1 e^{fa}, \quad (7)$$

где $f = 0,4$ – коэффициент трения прорезиненной ленты о деревянный барабан; $a = \pi$ – угол охвата; $e = 2,72$.

Натяжение ленты на концах отдельных участков определяют по формуле

$$S_i = S_{i-1} + W_i. \quad (8)$$

Сопротивление ненагруженной ветви на участке 1–2 (W_{1-2}) определяется по формуле

$$W_{1-2} = q_l l_{1-2} f. \quad (9)$$

Сопротивление нагруженной ветви на участке 3–4 (W_{3-4}) определяется по формуле

$$W_{3-4} = (q_l + q) l_{3-4} f, \quad (10)$$

где q_l – вес участка ленты длиной 1 м; q – вес перемещаемого груза, приходящийся на 1 м ленты; l – расстояние между осями барабанов, м; f – коэффициент трения скольжения прорезиненной ленты по настилу (при деревянном настиле $f = 0,4 \dots 0,7$; при стальном $f = 0,35 \dots 0,6$).

Натяжение в точке 2 определяется по формуле

$$S_2 = S_1 + W_{1-2}. \quad (11)$$

Сопротивление (W_{2-3}) на участке 2–3 определяется по формуле

$$W_{2-3} = S_2 \left(2,05 \frac{fd}{D} \sin \frac{\alpha}{2} + \frac{1,23\delta}{D^{1,3}} \right), \quad (12)$$

где d – диаметр вала натяжного барабана; D – диаметр натяжного барабана; α – угол охвата натяжного барабана; f – коэффициент трения в подшипниках скольжения (для вредных условий работы $f = 0,2$); δ – толщина ленты.

Натяжение в точке 3 определяется по формуле

$$S_3 = S_2 + W_{2-3}. \quad (13)$$

Натяжение в точке 4 определяется по формуле

$$S_4 = S_3 + W_{3-4}. \quad (14)$$

Задание

Требуется рассчитать приводную станцию ленточного конвейера шириной 0,5 м. Исходные данные приведены в таблице 1. Обе ветви ленты перемещаются по стальному настилу.

Таблица 1 – Исходные данные

№ варианта	v , м/мин	$D=D_6$, мм	$n_{дв}$, об/мин	δ , мм	q_l , Н/м	q , Н/м	d , мм	l , м
1	0,2	300	1410	6	3,3	0,6	5,0	18
2	0,16	350	1500	6	3,3	0,7	5,0	20
3	0,1	320	1700	5	3,5	0,6	4,5	15
4	0,2	290	1200	7	4,0	0,8	4,8	17
5	0,3	285	1410	6	3,3	0,75	3,5	21
6	0,2	320	1600	5	3,0	0,5	5,3	16
7	0,3	300	2000	6	3,7	0,65	5,0	18
8	0,1	300	1200	6	3,4	0,6	5,0	13
9	0,2	280	1410	6	3,3	0,55	4,7	15
10	0,2	295	1350	5	3,2	0,5	3,9	10

Пример

Требуется рассчитать приводную станцию ленточного конвейера шириной 0,5 м. Исходные данные: расстояние между осями барабанов $\ell = 18$ м; диаметры приводного и натяжного барабанов $D_6 = D = 300$ мм; нагрузки $q = 0,6$ Н/м; толщина ленты $\delta = 6$ мм; скорость ленты $v = 0,2$ м/мин; вес транспортирующей ленты $q_l = 3,3$ Н/м. Обе ветви ленты перемещаются по стальному настилу.

Решение

1. Силы натяжения ленты конвейера и силы сопротивления движению определяют методом обхода по контуру, для чего всю трассу разбивают на участки.

Натяжение в точке 1 (см. рис. 1, а) $S_1 = S_{сб}$ пока неизвестно. Сопротивление на участке 1–2 определяется по формуле (8):

$$W_{1-2} = 18 \cdot 3,3 \cdot 0,5 = 29,7 \text{ Н.}$$

Натяжение в точке 2:

$$S_2 = S_1 + 29,7 \text{ Н.}$$

Сопротивление на участке 2–3:

$$W_{2-3} = S_2 \left(2,05 \frac{fd}{D} \sin \frac{\alpha}{2} + \frac{1,23\delta}{D^{1,3}} \right) = 0,55 S_1 + 1,63 \text{ Н.}$$

Натяжение в точке 3:

$$S_3 = S_2 + W_{2-3} = 1,055 \cdot S_1 + 31,33 \text{ Н.}$$

Сопротивление на участке 3–4:

$$W_{3-4} = (q_l + q) l_{3-4} f = 18 \cdot (3,3 + 0,6) \cdot 0,5 = 36 \text{ Н.}$$

Натяжение в точке 4:

$$S_4 = S_3 + W_{3-4} = 1,055 \cdot S_1 + 67,33 \text{ Н.}$$

Натяжение сбегающей ветви ленты $S_{сб} = S_1$ определяется из следующих формул:

$$S_{нб} = S_{сб} e^{fa} \quad \text{или} \quad S_4 = S_1 e^{fa},$$

где $f = 0,4$ – коэффициент трения прорезиненной ленты о деревянный барабан; $a = \pi$ – угол охвата; $e = 2,72$. Подставив численные значения, получим

$$1,055 \cdot S_1 + 67,33 = S_1 2,72^{0,4\pi},$$

откуда

$$S_1 = \frac{67,33}{2,72^{1,25} - 1,055} = 34,7 \text{ Н.}$$

Сопротивление приводного барабана (коэффициент сопротивления $\kappa_{б} = 0,04$):

$$W_{пр} = \kappa_{б} \cdot (S_{нб} + S_{сб}) = 0,04 \cdot (67,33 + 34,7) = 4,07 \text{ Н.}$$

2. Окружное тяговое усилие W_o на приводном барабане определяем по формуле (5):

$$W_o = S_4 - S_1 + W_{пр} = 103,94 - 34,7 + 4,07 = 73,31 \text{ Н.}$$

3. Число оборотов барабана определяется по заданной линейной скорости и диаметру приводного барабана:

$$n_{б} = \frac{v}{\pi \cdot D_{б}} = \frac{0,2}{0,3 \cdot \pi} = 0,212 \text{ об/мин.}$$

4. Общее передаточное отношение при $n_{дв} = 1410$ об/мин составляет

$$i_{общ} = n_{дв} / n_{б} = 1410 / 0,212 = 6650.$$

5. Общий КПД приводной станции конвейера находится по формуле (3):

$$\eta_{общ} = \eta_{рем} \eta_{вар} \eta_{ред} \eta_{зуб} \eta_{б} = 0,95 \cdot 0,95 \cdot 0,45 \cdot 0,97 \cdot 0,98 = 0,38.$$

6. Мощность двигателя приводной станции определяется по формуле (4):

$$N_{дв} = 1,2 \cdot \frac{W_o v}{102 \eta_{общ} 60} = 1,2 \cdot \frac{73,31 \cdot 0,2}{102 \cdot 0,38 \cdot 60} = 0,065 \text{ кВт.}$$

Учитывая возможность привода для нескольких секций, а также увеличение нагрузки во время пуска, мощность приводного двигателя принимают 0,4...0,5 кВт.

Практическая часть

№ варианта	v , м/мин	$D=D_{\delta}$, мм	$n_{\delta\delta}$, об/мин	δ , мм	q_l , Н/м	q , Н/м	d , мм	l , м
3	0,1	320	1700	5	3,5	0,6	4,5	15

1. Определить натяжение в точке 1,1–2 :

$$W_{1-2} = 15 \cdot 3,3 \cdot 0,5 = 26,25 \text{ Н.}$$

2. Натяжение в точке 2:

$$S_2 = S_1 + W_{1-2} = S_1 + 26,25 \text{ Н.}$$

3. Сопротивление на участке 2–3:

$$W_{2-3} = S_2 \left(2,05 \frac{fd}{D} \sin \frac{\alpha}{2} + \frac{1,23\delta}{D^{1,3}} \right) = 0,55S_1 + 1,63 \text{ Н.}$$

4. Натяжение в точке 3:

$$S_3 = S_2 + W_{2-3} = 1,033 \cdot S_1 + 27,116 \text{ Н.}$$

5. Сопротивление на участке 3–4:

$$W_{3-4} = (q_l + q) l_{3-4} f = 15 \cdot (3,5 + 0,6) \cdot 0,5 = 30,75 \text{ Н.}$$

6. Натяжение в точке 4:

$$S_4 = S_3 + W_{3-4} = 1,055 \cdot S_1 + 57,866 \text{ Н.}$$

7. Натяжение сбегающей ветви ленты $S_{сб} = S_1$ определяется из следующих формул:

$$S_{нб} = S_{сб} e^{fa} \quad \text{или} \quad S_4 = S_1 e^{fa},$$

где $f = 0,4$ – коэффициент трения прорезиненной ленты о деревянный барабан; $a = \pi$ – угол охвата; $e = 2,72$. Подставив численные значения, получим

$$1,033 \cdot S_1 + 57,866 = S_1 2,72^{0,4\pi},$$

откуда

$$S_1 = \frac{57,866}{2,72^{1,25} - 1,033} = 23,522$$

8. Сопротивление приводного барабана (коэффициент сопротивления $\kappa_{\delta} = 0,04$):

$$W_{np} = \kappa_{\delta} \cdot (S_{нб} + S_{сб}) = 0,04 \cdot (57,866 + 23,522) = 3,255 \text{ Н.}$$

9. Окружное тяговое усилие W_o на приводном барабане определяем по формуле (5):

$$W_o = S_4 - S_1 + W_{np} = 55,048 - 23,522 + 3,255 = 34,781 \text{ Н.}$$

10. Число оборотов барабана определяется по заданной линейной скорости и диаметру приводного барабана:

$$n_{\delta} = \frac{v}{\pi \cdot D_{\delta}} = \frac{0,2}{0,3 \cdot \pi} = 0,212 \text{ об/мин.}$$

11. Общий КПД приводной станции конвейера находится по формуле

$$\eta_{общ} = \eta_{рем} \eta_{вар} \eta_{ред} \eta_{зуб} \eta_{\delta} = 0,95 \cdot 0,95 \cdot 0,45 \cdot 0,97 \cdot 0,98 = 0,38.$$

12. Мощность двигателя приводной станции определяется по формуле (4):

$$N_{\text{дв}} = 1,2 \frac{W_o v}{102 n_{\text{общ}} 60} = 1,2 \cdot \frac{34,781 \cdot 0,1}{102 \cdot 0,38 \cdot 60} = 0,00179 \text{ кВт}$$

					МиТОМ.ПТУМЦ.Пр.№1.2021.Отчет	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8