

Министерство образования Российской Федерации
Санкт-Петербургский государственный университет
низкотемпературных и пищевых технологий



Кафедра деталей машин
и основ инженерного проектирования

МЕХАНИЗАЦИЯ ПОГРУЗО-РАЗГРУЗОЧНЫХ, ТРАНСПОРТНЫХ И СКЛАДСКИХ РАБОТ

Методические указания
к лабораторным работам для студентов
факультета техники пищевых производств
всех форм обучения

Санкт-Петербург 2001

УДК 547.1(075)

Бойцов Ю.А., Ваньшин А.И., Герман Л.В. Механизация погру-
зочно-разгрузочных, транспортных и складских работ: Метод. ука-
зания для студентов факультета техники пищевых производств. – СПб.: СПбГУНиПТ,
2001. – 21 с.

Изложены описания установок, краткие теоретические предпосылки расчетов, ме-
тодика проведения лабораторных работ и порядок расчетов.

Рецензент

Доктор техн. наук, проф. В.Л. Жавнер

Одобрены к изданию методическим советом факультета техники пищевых
производств

© Санкт-Петербургский государственн_{ый}
университет низкотемпературных
и пищевы_х технологий, 2001

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

ИССЛЕДОВАНИЕ ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА

Цель работы

1. Ознакомление с конструкцией ленточного конвейера.
2. Овладение методикой расчета ленточных конвейеров.

Исходные данные для расчета

Q – весовая производительность конвейера, Н/с;

V – скорость движения тягового органа конвейера (ленты), м/с;

B – ширина ленты, м;

L_i и H_i – длины прямолинейных участков и перепады высот на них, м;

D – диаметр приводного барабана, м;

d – диаметр натяжного винта, мм;

p – шаг натяжного винта, мм.

Описание конструкции конвейера

Исследуемый конвейер представляет собой передвижную конструкцию, рама которой имеет ходовые катки (неприводные). Перемещение конвейера осуществляется вручную.

Трасса конвейера может меняться, как по углу наклона рабочей ветви, так и по длине ее вылета. Для этого предусмотрены механизмы изменения вылета и угла наклона. Оба механизма приводятся в движение вручную.

Тяговый орган – бесконечная лента – приводится в движение от приводного барабана 1 (рис. 1) силой трения. На рабочем участке лента передвигается по роликовым опорам. На холостых участках опор нет. Натяжение ленты осуществляется натяжным винтовым устройством 3 (рис. 1).

Конвейер предназначен для транспортирования коробок с маслом и подобных грузов. Привод (рис. 2) редукторный. Редуктор 3 имеет передаточное число 40. Передаточное число цепной передачи 4 равно 0,87. Двигатель 1 имеет номинальную мощность 600 Вт и частоту вращения 1360 об/мин.

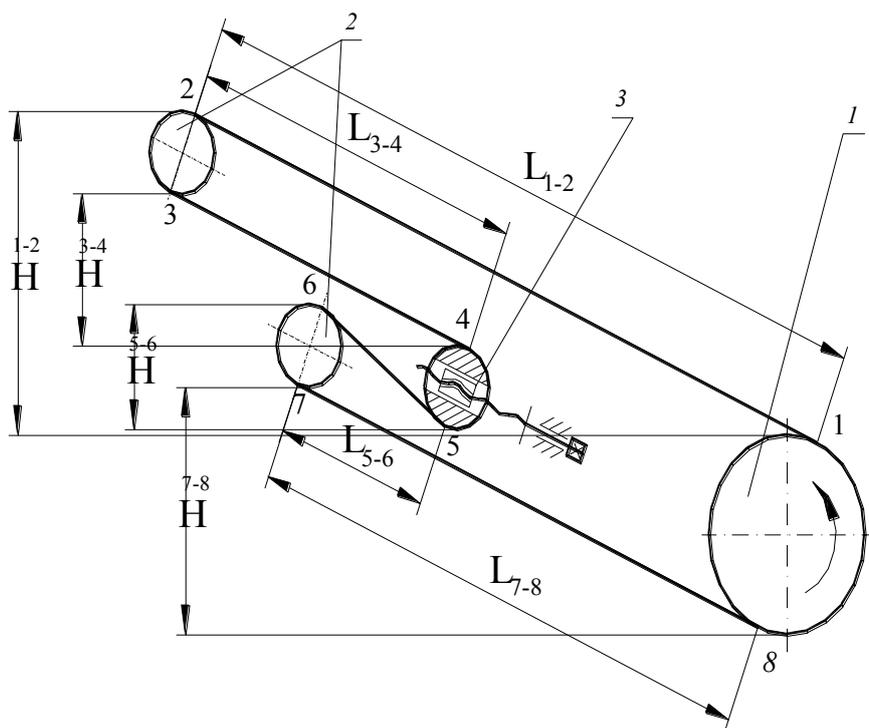


Рис. 1. Схема трассы конвейера:
 1 – приводной барабан; 2 – отклоняющие барабаны; 3 – натяжной барабан

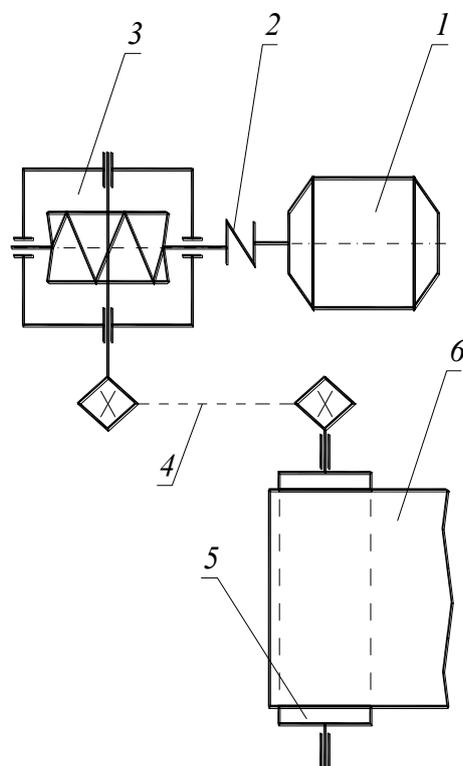


Рис. 2. Схема привода конвейера:
 1 – электродвигатель; 2 – соединительная муфта; 3 – червячный редуктор;
 4 – цепная передача; 5 – приводной барабан; 6 – лента

Порядок проведения работы

1. Измерение основных параметров конвейера.

В соответствии с указаниями преподавателя устанавливаются угол наклона и вылет конвейера. Для того, чтобы можно было данный конвейер рассчитать, необходимо произвести следующие замеры:

1.1. При помощи линейки найти величины в метрах или миллиметрах:

$$\begin{array}{lll} L_{1-2} = & H_{1-2} = & B = \\ L_{3-4} = & H_{3-4} = & D = \\ L_{5-6} = & H_{5-6} = & d = \\ L_{7-8} = & H_{7-8} = & p = \end{array}$$

1.2. При помощи секундомера измерить значение скорости ленты V (м/с).

2. Определение производительности и погонных нагрузок конвейера.

2.1. Производительность конвейера Q (Н/с), задается преподавателем.

2.2. Погонная масса роликовых опор принимается равной нулю, так как масса пластмассовых опор мала по сравнению с погонными массами груза и ленты.

2.3. Определение погонного веса груза q (Н/м)

$$q = \frac{Q}{V} \quad (1)$$

и погонного веса ленты $q_{л}$ (Н/м)

$$q_{л} = (250 \div 350) \text{ В.} \quad (2)$$

3. Определение натяжений ленты.

Определение сил, растягивающих ленту, изменяющихся при ее движении вдоль трассы конвейера, производится методом обхода по контуру. Для этого всю трассу конвейера (рис. 1) разбивают на участки с одинаковым характером сопротивления.

Следует иметь в виду, что

$$S_i = S_{i-1} + W_{i-1 \div i}, \quad (3)$$

где S_i – натяжение ленты в произвольной точке, обычно конечной для участка; S_{i-1} – натяжение ленты в предыдущей, обычно начальной для участка, точке контура; $W_{i-1 \div i}$ – сопротивление передвижению ленты на прямолинейном участке между двумя рассматриваемыми точками.

Условие отсутствия пробуксовывания ленты на приводном барабане определяется уравнением Л. Эйлера:

$$S_{нб} = S_{сб} e^{\mu \cdot \alpha}, \quad (4)$$

где $S_{нб}$ – натяжение ленты при набегании ее на приводной барабан; $S_{сб}$ – натяжение ленты при сбегании ее с барабана; e – основание натуральных логарифмов; μ – коэффициент трения между лентой и барабаном. Зависит от материала барабана и ленты. Для стального барабана и сухой прорезиненной ленты $\mu = 0,3$ [1, табл. 16]; α – угол обхвата лентой приводного барабана (для данного конвейера $\alpha = 180^\circ$).

При этих условиях согласно [1, табл. 16]

$$e^{\mu \cdot \alpha} = 2,56.$$

Обход по контуру обычно начинают с точки сбегания ленты с приводного барабана.

В соответствии с (3) натяжение в каждой точке конвейера определяется последовательностью вычислений:

$$\begin{aligned} S_1 &= S_{сб}; \\ S_2 &= S_1 + W_{1-2}; \\ S_3 &= k S_2; \\ S_4 &= S_3 + W_{3-4}; \\ S_5 &= k S_4; \\ S_6 &= S_5 + W_{5-6}; \\ S_7 &= k S_6; \\ S_8 &= S_7 + W_{7-8}, \end{aligned}$$

где k – коэффициент сопротивления движению на отклоняющем барабане; при угле обхвата барабана лентой, равном 180° , $k = 1,08$ [1, табл.16];

Сопротивления W на прямолинейных участках трассы конвейера складываются из двух составляющих. Первая определяется трением в роликоопорах и ленты о роликоопоры с приведенным коэффициентом сопротивления ω' . Вторая составляющая пропорциональна работе, требующейся для подъема ленты с грузом или работе, совершаемой самой лентой с грузом. При движении ленты по горизонтали эта составляющая отсутствует.

Знаки перед второй составляющей сопротивления на участке W назначаются в соответствии с направлением движения ленты. Знак (+) принимается при движении ленты вверх и знак (–) при движении вниз.

Для схемы конвейера, изображенной на рис. 1, с вращением барабана против часовой стрелки и движением ленты с грузом вверх.

$$W_{1-2} = (q + q_{л}) L_{1-2} \omega' \cos \beta + (q + q_{л}) H_{1-2},$$

где ω' – коэффициент сопротивления передвижению ленты по роликовым 0,025 ÷ 0,05, а при их отсутствии – нулю β – угол наклона трассы конвейера;

$$W_{3-4} = q_{л} L_{3-4} \omega' \cos \beta - q_{л} H_{3-4};$$

$$W_{5-6} = q_{л} L_{5-6} \omega' \cos \beta - q_{л} H_{5-6};$$

$$W_{7-8} = q_{л} L_{5-6} \omega' \cos \beta - q_{л} H_{1-2}.$$

При изменении направления вращения приводного барабана на противоположное точки 1 и 8 сбегания и набегания на барабан меняются местами. Порядковый отсчет снова идет от точки 1 к точке 8 вдоль контура конвейера. Тогда на рабочем участке (теперь от 7–8) перед второй составляющей в формуле сопротивления появится знак (–).

После того, как все сопротивления определены, S_8 следует выразить через S_1 и сумму сопротивлений с учетом знаков перед второй составляющей. К имеющемуся уравнению с двумя неизвестными S_8 и S_1 добавляется уравнение Эйлера (4) и решается система 2 уравнений с 2 неизвестными. В результате решения этих уравнений определяются значения S_1 и S_8 в ньютонах. Пользуясь уравнениями для S_2, S_3 и т. д. и подставляя в них известное S_1 , можно определить числовое значение натяжений в каждой выделенной точке контура конвейера.

4. Для определения тягового усилия W_0 можно пользоваться приближенной (без учета потерь на приводном барабане) формулой

$$W_0 = S_{нб} - S_{сб},$$

т. е. для данной схемы

$$W_0 = S_8 - S_1. \quad (5)$$

5. Мощность двигателя определяется по формуле

$$N_{дв} = \frac{W_0 V}{\eta_{п р}}, \quad (6)$$

где $\eta_{\text{пр}}$ – коэффициент полезного действия привода $\eta_{\text{пр}} = 0,6 \div 0,65$.

6. Усилие натяжения можно найти, зная местоположение натяжного устройства и натяжения ленты на натяжном барабане (Н)

$$S_{\text{нат}} = S_4 + S_5 + 100. \quad (7)$$

7. По $S_{\text{нат}}$ можно рассчитать натяжной винт на прочность, пользуясь формулой

$$\sigma_p = \frac{4 \cdot 1,3 \cdot S_{\text{нат}}}{\pi d_1^2} \leq [\sigma]_p, \quad (8)$$

где d_1 – внутренний диаметр винта (определяется по ГОСТу 7805-70 по наружному диаметру винта и шагу, мм; $[\sigma]_p$ – допускаемое напряжение винта на растяжение; $[\sigma]_p = 80 \text{ Н/мм}^2$ для винта, изготовленного из ст. 3.

8. Проверочный расчет передаточного числа приводного механизма

$$U_{\text{общ}} = \frac{\omega_{\text{дв}}}{\omega_6}, \quad (9)$$

где $\omega_{\text{дв}}$ – угловая скорость вала двигателя, $\omega_{\text{дв}} = 142 \text{ 1/с}$; ω_6 – угловая скорость приводного барабана, $\omega_6 = \frac{2V}{D}$. (10)

Оформление лабораторной работы

Лабораторная работа должна содержать:

1. Схему конвейера со всеми указанными на рис. 1 размерами.
2. Расчет натяжений ленты в каждой характерной точке контура конвейера.
3. Расчет мощности электродвигателя.
4. Расчет натяжного устройства.
5. Расчет передаточного числа приводного механизма.

Литература

1. Спиваковский А.О., Дьячков В.К. Транспортирующие машины. – М.: Машиностроение. 1983. – 487 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

ИССЛЕДОВАНИЕ ДВУХКОЛОДОЧНОГО ТОРМОЗА ТКТ – 100

Цель работы

1. Ознакомление с конструкцией и работой тормоза.
2. Экспериментальное определение тормозного момента по времени выбега при принятом сжатии главной пружины.
3. Определение усилия главной пружины и удельного давления на тормозных колодках.

Описание экспериментальной установки

Экспериментальная установка (рис. 1) состоит из следующих узлов:

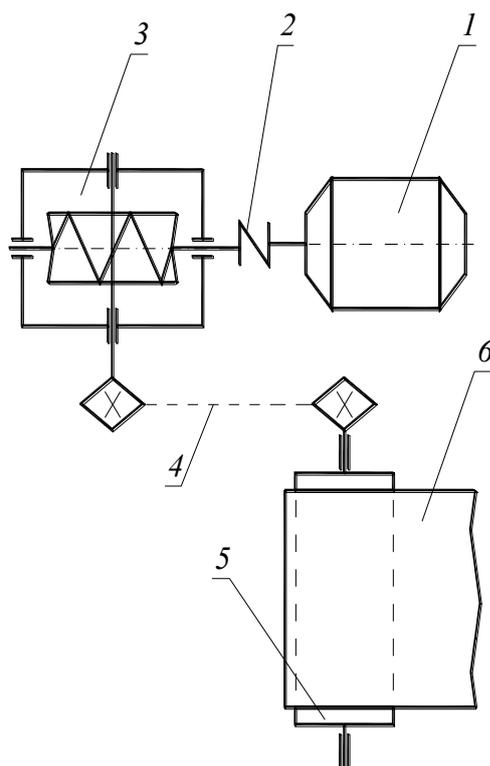


Рис. 1. Схема экспериментальной установки:
1 – двигатель; 2 – муфта упругая с тормозным шкивом; 3 – тормоз;
4 – диски; 5 – кожух; 6 – станина.

1. Электродвигатель АОЛ2-6/4. Мощность $N = 0.75/1$, 1кВт. Одновременно с изменением мощности меняется угловая скорость $\omega = 100/150$ 1/с.

2. Испытуемый тормоз ТКТ-100, снабженный шкалой с указателем величины деформации главной пружины. Он обеспечивает тормозной момент $M_T = 5 \div 20$ Нм; электромагнит тормоза МО-100Б.

3. Втулочно-пальцевая муфта с тормозным шкивом диаметром $D = 100$ мм.

4. Узел инерционных дисков, обеспечивающий инерционную нагрузку на установке. Узел состоит из вала, его опор и съемных инерционных дисков, закрытых кожухом. Момент инерции одного диска $J_q = 0,1$ Нм·с². Приведенный момент инерции вращающихся масс установки (кроме дисков) $J_{вр.м} = 0,025$ Нм·с².

5. Станина, внутри которой смонтирована система автоматизации с электрическим секундомером выбега.

На станине 6 установлен электродвигатель 1, который соединен тормозной втулочно-пальцевой муфтой 2, одна из полумуфт которой снабжена тормозным шкивом 3, с валом, несущим инерционные диски 4. Один из дисков установлен на валу постоянно, а два сменные. С изменением количества дисков изменяется значение момента инерции вращающихся масс (J):

$$J = zJ_q + J_{вр.м} \quad (1)$$

где z - число дисков от 1 до 3.

Работа двухколодочного электромагнитного тормоза

Схема тормоза представлена на рис. 2. Затормаживание производится силой предварительно сжатой главной пружины 2, прижимающей тормозные колодки 8 к тормозному шкиву 9. Тормоз нормально замкнутого типа. Это означает, что колодки удерживают тормозной шкив все то время, пока двигатель обесточен. При торможении главная пружина 2 правым торцом давит на скобу 13, шарнирно соединенную с левой стойкой, прижимая тем самым левую колодку к тормозному шкиву 9.

Левый торец пружины 2 упирается в гайку 1, накрученную на шток. Усилие от штока через упор 5 передается на правую стойку, прижимая ее колодку к шкиву.

Регулирование величины тормозного момента производится перемещением гайки 1 по штоку 3 (рис. 2). Это перемещение изменяет деформа-

цию главной пружины 2 и, следовательно, силу прижатия колодок 8 к тормозному шкиву 9.

Растормаживание происходит благодаря тому, что электромагнит блокирует главную пружину, освобождая тормозной шкив от сжимающих его колодок. Происходит это в следующем порядке. Включение электродвигателя сопровождается одновременным включением в сеть электромагнита тормоза. При этом якорь 11 втягивается в катушку электромагнита 12. Рычаг якоря разворачивается и нажимает на шток 3.

Упор штока 5 отходит вправо, освобождая правую стойку. Вспомогательная пружина 4 отводит колодку от шкива. Колодка левой стойки отводится от шкива за счет опрокидывающего момента силы тяжести катушки 12 и рычага якоря 11. Величину допустимого отхода левой стойки выставляют заранее с помощью винта 10.

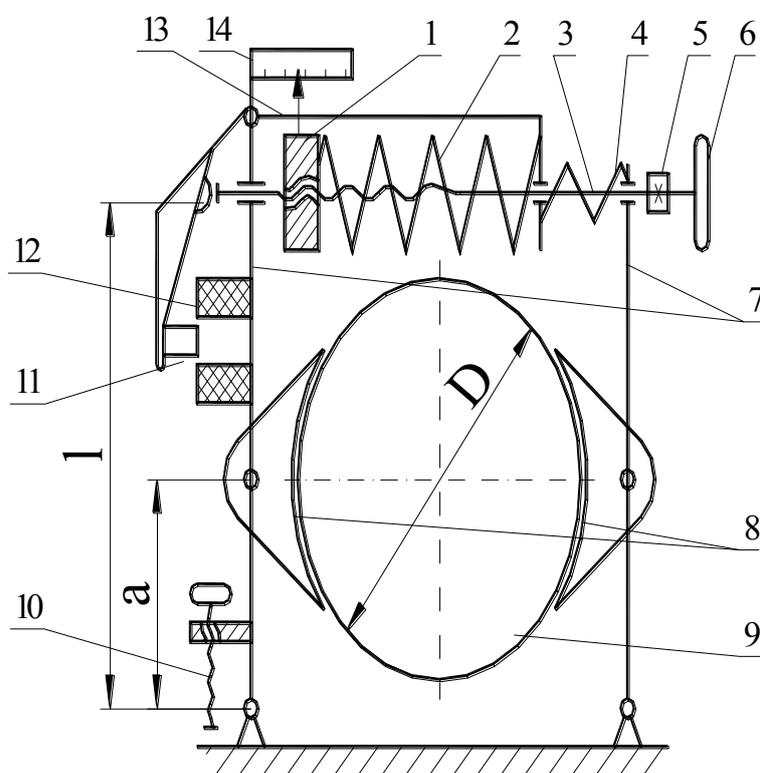


Рис.2 Схема тормоза:

- 1 – гайка с указателем; 2 – главная пружина; 3 – шток;
- 4 – вспомогательная пружина; 5 – упор, закрепленный на штоке;
- 6 – маховик; 7 - стойки; 8 – тормозные колодки; 9 – тормозной шкив;
- 10 – винт, ограничивающий отход левой стойки; 11 – якорь электромагнита;
- 12 – катушка электромагнита; 13 – скоба; 14 – шкала.

Таким образом тормозные колодки освобождают шкив.

В настоящей установке система отключения двигателя и электромагнита от электрической сети с целью затормаживания имеет свою особенность. Эта система позволяет отключить двигатель как с одновременным отключением электромагнита, так и без отключения последнего. В таком случае затормаживание происходит только за счет внутреннего трения движущихся элементов системы.

Порядок работы

По тарифовочным данным главной пружины устанавливают выбранное значение ее деформации на шкале l_4 (см. рис.2), вращая махо-виком b шток тормоза и тем самым перемещая зафиксированную от поворота гайку l с указателем величины деформации. Затем включают установку в сеть.

I этап опытов

Включают поочередно 1-ю или 2-ю скорость вращения вала двигателя.

После разгона инерционных дисков до установившейся заданной скорости переводят выключатель "Тормоз" в положение "Отк.". При этом двигатель и электромагнит обесточены, и тормозные колодки зажимают шкив под действием силы главной пружины. Электрический секундомер при этом опыте фиксирует время выбега при торможении, на которое влияют, как момент тормоза – M_T , так и момент собственных сопротивлений установки – M_C (трение в подшипниках, уплотнениях, смазке и пр.). Поэтому время такого выбега обозначают $t_{ст}$.

II этап опытов

Для определения момента M_C проводим свободный (без участия тормоза) выбег инерционных масс при том же количестве дисков и той же скорости их вращения. При этом выключатель "Тормоз" оставляем в положении "Вкл.", а выключатель "Выбег" переводим в положение "Выкл.". При этом режиме электромагнит продолжает блокировать главную пружину, что, и позволяет определить время свободного выбега t_C . Замеры на каждом этапе делаются трижды и вычисляется среднее значение.

По замеренным значениям выбегов вычисляют соответствующие значения моментов по формулам:

$$M_{C,T} = J \frac{\omega}{t_{c,T}} \quad (2)$$

$$M_C = J \frac{\omega}{t_c} \quad (3)$$

где $M_{C,T}$ – суммарный момент собственных сопротивлений установки M_C и момента тормоза M_T ; $t_{c,T}$ – время выбега при зажатых колодках (замеры из 1-го опыта); t_c – время свободного выбега.

Тормозной момент вычисляется по формуле

$$M_T = M_{C,T} - M_C.$$

Определение усилия пружины и давления на колодках тормоза

Торможение механизма происходит в результате создания силы трения между тормозным шкивом и колодками, шарнирно соединенными со стойками тормоза. Для получения большего тормозного момента на колодки устанавливают накладку из материала с повышенными фрикционными качествами. В данной конструкции использована тормозная асбестовая лента с коэффициентом трения по стальному и чугунному шкиву $f = 0,35$ [1, с.151].

Сила трения на колодке $F = fN$ создается усилием N нажатия колодок на шкив (рис. 3).

Тормозной момент, создаваемый этими силами на двух колодках

$$M_T = 2fN \frac{D}{2}, \quad (4)$$

отсюда необходимое усилие нажатия колодок на шкив

$$N = \frac{M_T}{Df}. \quad (5)$$

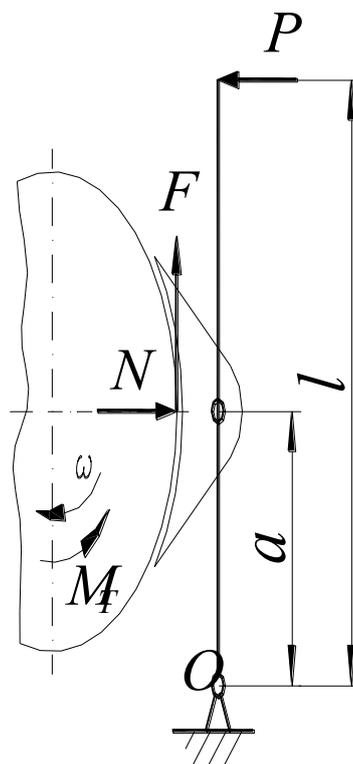


Рис. 3. Колодка тормоза

Это усилие обеспечивается действием пружины на стойки. Из условия равновесия стойки относительно оси ее вращения определяется усилие пружины

$$P_{\text{пр}} = \frac{Na}{l}. \quad (6)$$

Условное давление между колодкой и шкивом определяется из соотношения

$$q = \frac{N}{BL} \leq [q], \quad (7)$$

где $[q]$ – допускаемое давление в колодочных тормозах.

Для данных материалов в стопорных тормозах [1, табл. 19] $[q] = 6 \cdot 10^5$ Па.

Литература

1. Александров М.П. Подъемно-транспортные машины. – М.: Высш. шк., 1985. – 520 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

ИССЛЕДОВАНИЕ ТАЛИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ

Цель работы

1. Изучение конструкции механизмов тали.
2. Ознакомление с конструкцией каната, проверка его прочности.
3. Ознакомление с методами определения основных параметров механизма подъема.

Оборудование: таль электрическая ТЭ 025-311-220; грузы; рулетка; секундомер.

Конструкция тали

Таль ТЭ 025-311-220 (рис.1) грузоподъемностью 0,25т, передвижная, общего назначения, среднего режима работа, с кнопочным управлением 1.

Таль выполнена с ручным передвижением на шарнирной четырехкатковой тележке 2, с продольным расположением механизма подъема относительно пути 3. Крюковая подвеска 4 с блоком, огибаемым канатом, расположена под барабаном 5.

Груз висит на двух ветвях каната. Одна ветвь крепится к корпусу тали, другая идет на барабан. Это устройство (полиспаст) позволяет уменьшить усилие в канате и грузовой момент на барабане.

Механизм подъема тали (рис. 2) состоит из односкоростного двигателя 1, трехступенчатого соосного редуктора 2, дискового тормоза 3, барабана 4.

Вал двигателя и ведущий вал редуктора соединены шлицевой муфтой 5. Редуктор включает в себя тихоходную цилиндрическую передачу с внутренним зацеплением. Ведомое колесо 6 этой передачи закреплено на барабане 4. Дисковый электромагнитный тормоз нормально-замкнутого типа расположен на ведущем валу редуктора. Торможение осуществляется путем сжатия пружины тормозных дисков.

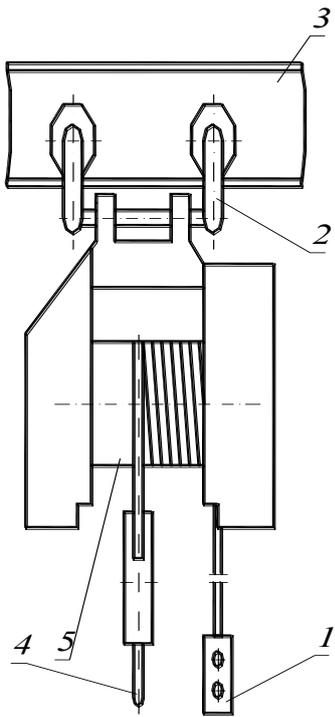


Рис. 1. Внешний вид тали

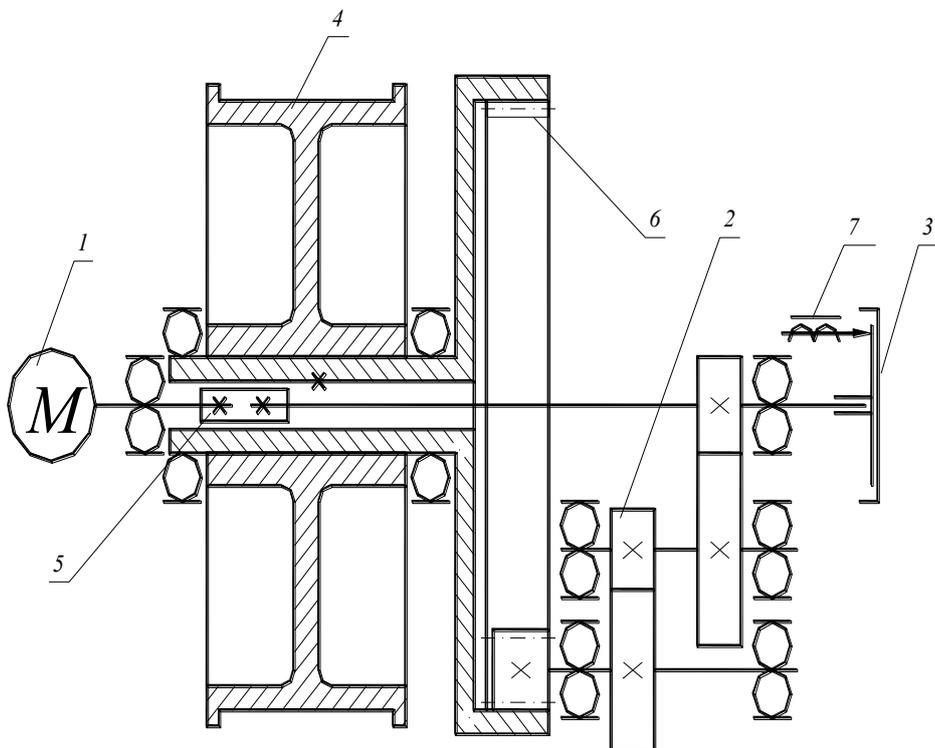


Рис. 2. Схема тали

Ознакомление с конструкцией каната, проверка его на прочность

Для проверки необходимо:

1. Определить направление свивки каната, а также число прядей, количество проволок в пряди, наличие сердечника, вид свивки, вид контакта (точечный или линейный).

2. Дать эскиз сечения каната.

3. Замерить диаметры каната и проволок.

Выписать характеристики каната по ГОСТ 3077-69 [1, стр. 162]: d – диаметр каната, σ_B – предел прочности проволок каната на разрыв, $S_{\text{разр}}$ – разрывное усилие.

Определить максимальное усилие в канате

$$S = \frac{Q}{ai_n\eta_n}, \quad (1)$$

где Q – номинальная грузоподъемность; i_n – кратность полиспаста,

$$i_n = \frac{Z}{a}, \quad (2)$$

где Z – число ветвей каната, на которых висит груз; a – число закреплений каната на барабане, $a = 1$; η – коэффициент полезного действия полиспаста,

$$\eta = \frac{11 - \eta_{\text{бл}}^{\text{ин}}}{i_n (1 - \eta_{\text{бл}})}, \quad (3)$$

где $\eta_{\text{бл}}$ – коэффициент полезного действия блока $\eta_{\text{бл}} = 0,97$, при установке на подшипниках качения и при плохой смазке.

Определить запас прочности каната

$$n = \frac{S_{\text{разр}}}{S_{\text{max}}} \geq [n], \quad (4)$$

где $[n]$ – допускаемый нормами Госгортехнадзора запас прочности для среднего режима работы, $[n] = 5,5$.

Порядок работы

Определить потребную мощность двигателя при установившемся движении груза

$$N = \frac{QV}{\eta_n \eta_M}, \quad (5)$$

где V – скорость подъема груза; η_M – к.п.д. редуктора механизма подъема, $\eta_M = 0,9$.

Подобрать двигатель, выписать из каталога его характеристики:

N – мощность номинальная; n – число оборотов асинхронное;

Измерить диаметр барабана, при этом должно соблюдаться условие

$$D \geq ed, \quad (6)$$

где D – диаметр барабана, измеренный по средней линии навитого каната, e – коэффициент, зависящий от типа и режима работы механизма. Для талей $e \geq 20$. У используемой тали $D = 150$ мм.

Определить число оборотов барабана

$$n = \frac{V_k}{\pi D}, \quad (7)$$

$$V_k = Vi_n, \quad (8)$$

где V_k – скорость каната;

Определить передаточное число редуктора

$$u = \frac{n_{дв}}{n_6} \quad (9)$$

Определить тормозной момент

$$M_T = \frac{QD\eta_n\eta_M}{2 \cdot u \cdot i_n}, \quad (10)$$

где K – коэффициент запаса торможения. По нормам Госгортехнадзора для среднего режима работы $K = 1,75$.

Литература

1. Марон Ф.Л., Кузьмин А.В. Справочник по расчетам механизмов подъемно-транспортных машин. – Минск: Высшейш. шк., 1977. – 271 с.
2. Подъемно-транспортные машины. Атлас конструкций / Под редакцией Александрова М.П., Решетова Д.Н. М. Машиностроение. 1987. – 122 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Лабораторная работа № 1 “Исследование ленточного конвейера”	3
Лабораторная работа № 2 “Исследование двухколодного тормоза ТКТ–100”	11
Лабораторная работа № 3 “Исследование тали электрической”	17

**Бойцов Юрий Александрович
Ваньшин Александр Иванович
Жижин Владимир Иванович**

**МЕХАНИЗАЦИЯ ПОГРУЗО-РАЗГРУЗОЧНЫХ,
ТРАНСПОРТНЫХ И СКЛАДСКИХ РАБОТ**

**Методические указания
к лабораторным работам для студентов
факультета техники пищевых производств
всех форм обучения**

Редактор Т.В. Белянкина

Корректор Н.И. Михайлова

ЛР № 020414 от 12. 02. 97

Подписано в печать .07.2001. Формат 60×84 1/16. Бум. писчая

Печать офсетная. Усл. печ. л. . Печ. л. . Уч.-изд. л.

Тираж 250 экз. Заказ № С 11

СПбГУНиПТ. 191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9
ИПЦ СПбГУНиПТ. 191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9