

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ**

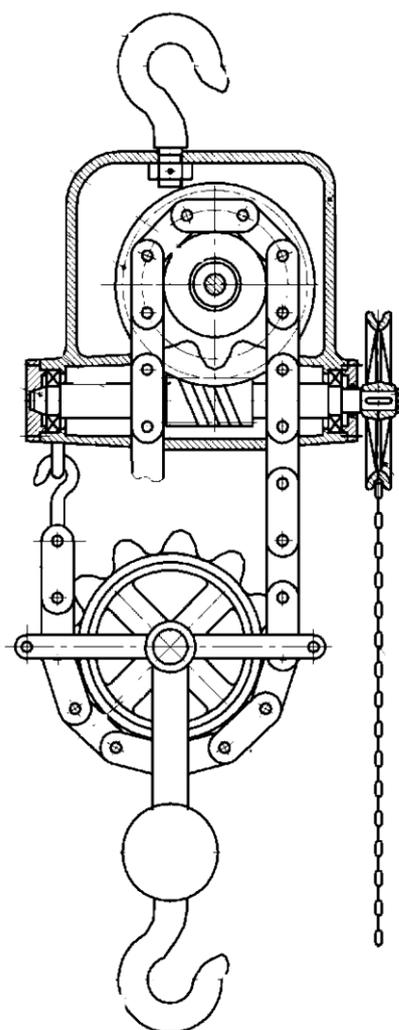
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования

Казанский государственный аграрный университет  
Институт механизации и технического сервиса

Кафедра общепрофессиональных дисциплин

**ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И ПРИНЦИПА РАБОТЫ  
РУЧНОЙ ТАЛИ**

Лабораторный практикум  
по дисциплине «Подъемно-транспортные машины»



Казань –2018

**УДК 621.861.5**  
**ББК 34.4**

Составители: Марданов Р.Х., Яхин С.М., Пикмуллин Г.В.

Рецензенты:

к.т.н., доцент кафедры «Техносферная безопасность» Казанского государственного аграрного университета Гаязиев И.Н.

к.т.н., доцент кафедры «Динамика и прочность машин» Казанского государственного энергетического университета Маслов И.Н.

Практикум для выполнения лабораторной работы по дисциплине «Подъемно-транспортные машины» обсужден и рекомендован к печати на заседании кафедры общепрофессиональных дисциплин Казанского ГАУ (протокол №1 от 28.08.2018 г.) и заседании методической комиссии Института механизации и технического сервиса Казанского государственного аграрного университета (протокол №1 от 06.09.2018 г.).

Марданов Р.Х. Изучение конструкции и принципа работы ручной тали: Практикум для выполнения лабораторной работы по дисциплине «Подъемно-транспортные машины» / Марданов Р.Х., Яхин С.М., Пикмуллин Г.В. – Казань: Издательство Казанский ГАУ, 2018. – 16с.

Практикум предназначен для выполнения лабораторной работы по дисциплине «Подъемно-транспортные машины» и способствует формированию общепрофессиональных и профессиональных компетенций в соответствии с ФГОС ВО по специальности 23.05.01 - Наземные транспортно-технологические средства и направлению подготовки бакалавров 23.03.05 – Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов.

**УДК 621.861.5**  
**ББК 34.4**

© ФГБОУ ВО Казанский государственный аграрный университет, 2018 г.

## Содержание

Цель работы.....	4
Инструменты.....	4
1. Общие сведения.....	4
2. Описание лабораторной установки.....	4
3. Конструкция и расчет конусного тормоза.....	9
4. Порядок выполнения работы.....	11
5. Содержание отчета.....	15
6. Контрольные вопросы.....	16
Литература.....	16

# Лабораторный практикум

## ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И ПРИНЦИПА РАБОТЫ РУЧНОЙ ТАЛИ

**Цель работы:** изучение устройства и принципа работы ручной тали; анализ конструктивного исполнения отдельных узлов; составление кинематической схемы; определение грузоподъемности ручной тали.

**Инструменты:** штангенциркуль, калькулятор.

### 1. Общие сведения

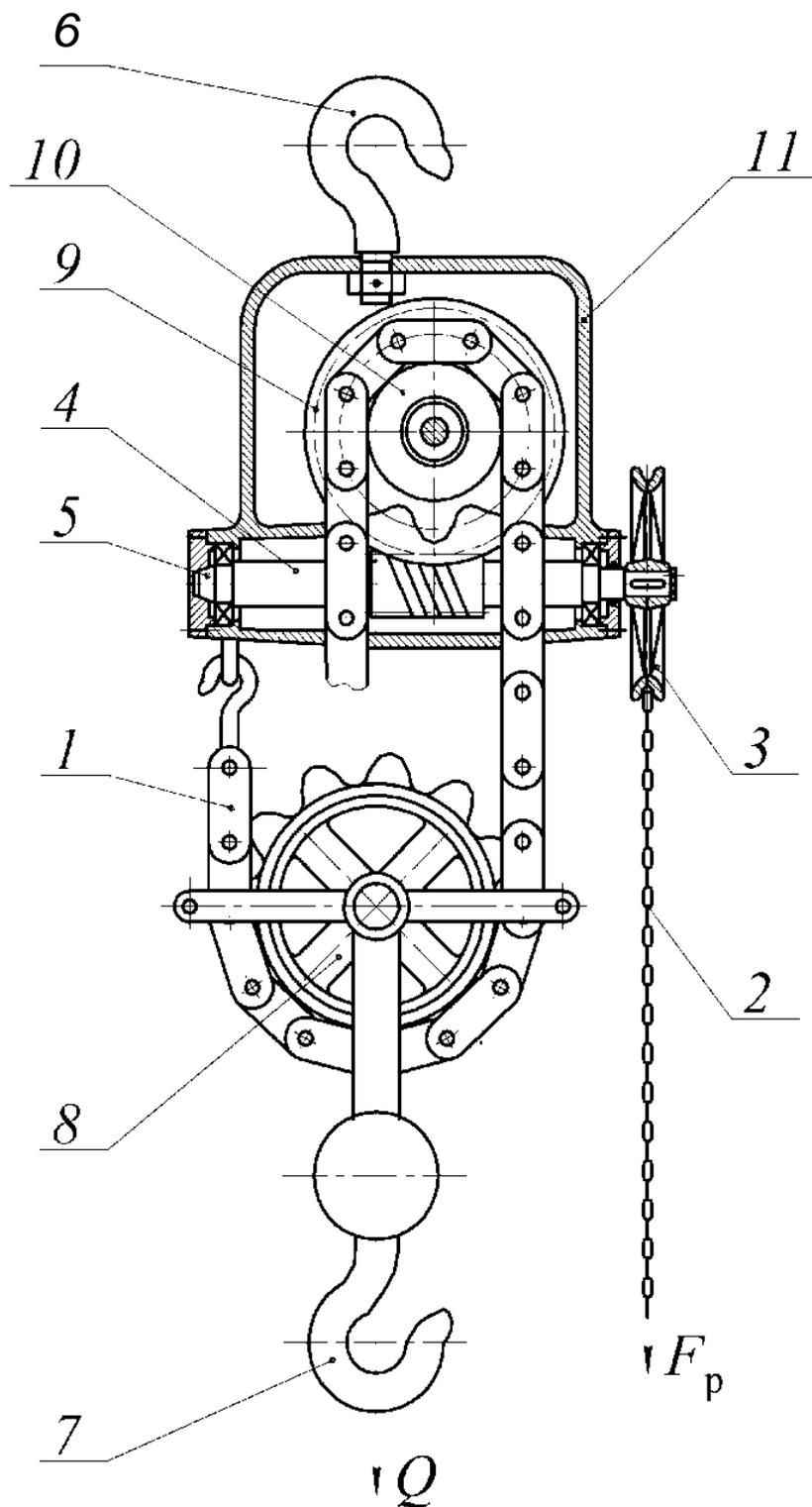
К простейшим грузоподъемным механизмам наряду с домкратами относят подъемные лебедки и тали, предназначенные в основном для перемещения груза по вертикали при техническом обслуживании и ремонте машин и оборудования. Таль представляет собой компактную лебедку с ручным (рисунок 1), электрическим или пневматическим приводом.

Ручные тали (грузоподъемность до 350 кг) обычно применяют при монтажных и ремонтных работах, когда отсутствует возможность использования стационарных грузоподъемных механизмов.

### 2. Описание лабораторной установки

Ручная червячная таль (рисунок 1) состоит из открытой червячной передачи, установленной в сборном корпусе 11, монтажного крюка 6 для подвешивания ручной тали, приводного цепного колеса 3, тяговой круглозвенной цепи 2, храпового останова 5, сблокированного с коническим тормозом, грузовой звездочки 10, пластинчатой цепи 1, подвижного блока-звездочки 8 и грузового крюка 7, на который подвешивается груз.

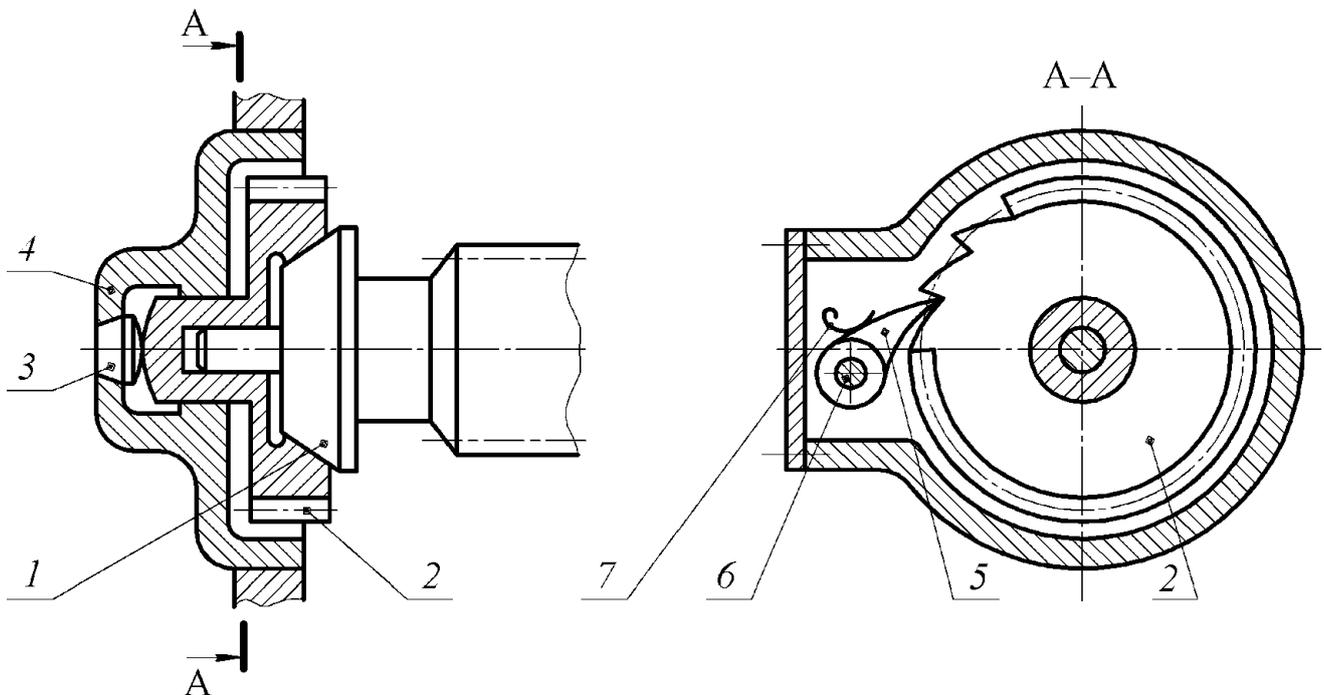
Все грузоподъемные механизмы обязательно оборудуются тормозными устройствами. В ручных таях груз удерживается от самопроизвольного опускания с помощью храпового или роликового останова.



- 1 - грузонесущая пластинчатая цепь; 2 - приводная сварная калиброванная круглозвенная цепь; 3 - приводное цепное колесо; 4 - вал червяка; 5 - храповой останов с коническим тормозом; 6 - монтажный крюк; 7 - грузовой крюк; 8 - блок-звездочка; 9 - червячное колесо; 10 - грузовая звездочка; 11 - корпус

Рисунок 1 – Ручная таль

В нашем случае для увеличения КПД червячной тали применяется несамотормозящая червячная передача, поэтому используется храповой механизм, заблокированный с коническим тормозом 1 (рисунок 2), который установлен на валу червяка и состоит из корпуса тормоза 4, который крепится к корпусу ручной тали и является опорой червяка, храпового колеса 2, собачки 5, пружины 7, оси собачки 6.



1 – конус червяка; 2 - храповое колесо; 3 - пята; 4 - корпус;  
5 - собачка; 6 - ось собачки; 7 - пружина

Рисунок 2 – Тормоз ручной тали

Работу тали рассмотрим для трех периодов:

- 1) период подъема груза;
- 2) период, когда груз подвешен неподвижно;
- 3) период опускания груза.

Период подъема груза. При подъеме груза грузовой момент, имея постоянное направление, через червяк 4 (рисунок 1) прижимает конус тормоза 1 (рисунок 2) к храповому колесу 2 с внутренней конической поверхностью, при этом происходит затормаживание частей тормоза. Замкнутый тормоз, вращаясь вместе с валом червяка, не встречает препятствий со стороны

собачки 5, т.к. она скользит по скошенным поверхностям зубьев храпового колеса 2.

Период удержания груза. Как только прекращается вращение грузовой звездочки 10 (рисунок 1), вся система стремится в обратном направлении вниз под действием силы тяжести груза  $Q_{гр}$ . Груз стремится опуститься. Но грузовой момент продолжает удерживать тормоз в замкнутом положении. При этом собачка 5 (рисунок 2) заскакивает в гнездо между зубьями храпового колеса 2, она будет препятствовать обратному вращению системы и груз не сможет опуститься, оставаясь в подвешенном состоянии. Относительное вращение между конусом 1 и неподвижным храповым колесом 2 будет отсутствовать, т.к. тормозной момент  $T_T$ , стремящийся удержать груз, больше статического момента груза  $T_C$ , стремящегося опустить груз, в  $K_T$  раза, где  $K_T = 1,2...1,3$  - запас торможения для тормозов осевого действия. Разомкнуть этот тормоз нельзя, поэтому для опускания груза необходимо затрачивать энергию на преодоление запаса тормозного момента.

Период опускания груза. Прикладывая определенное усилие к тяговой цепи 2 (рисунок 1), вращаем приводное цепное колесо 3, червяк 4, червячное колесо 9, грузовую звездочку 10 в направлении, обратном подъему. Сбегающая ветвь грузовой цепи 1, которая находится в зацеплении с грузовой звездочкой 10, опускается вместе с крюковой подвеской 7. Происходит опускание груза.

Усилие  $F_p$ , прикладываемое к тяговой цепи 2, связано с преодолением запаса торможения  $K_T$ . Следовательно при опускании груза необходимо преодолеть трение между вращающимся конусом 1 (рисунок 2), с одной стороны, и неподвижным храповым колесом 2 с другой. Храповое колесо 2 неподвижно, т.к. его удерживает собачка 5. Обычно усилие  $F_p$  для опускания груза мало, т.к. коэффициент запаса торможения  $K_T = 1,2...1,3$ . Такой малый запас торможения объясняется тем, что в отличие от колодочных и ленточных тормозов, где  $K_T = 1,5...2,5$ , данный конусный тормоз является автоматическим. Это означает,

что по мере увеличения грузоподъемности  $Q$  автоматически во столько же раз увеличивается осевое усилие червяка, обеспечивающее прижатие конуса 1 (рисунок 2) к храповому колесу 2 и поэтому во столько раз увеличивается тормозной момент, из-за чего груз никогда не падает.

Величина усилия рабочего  $F_p$  при опускании определяется следующим образом:

$$F_p = \frac{T_p}{R}, \quad (1)$$

где  $T_p$  – момент на цепном колесе Н·мм;

$R$  – радиус цепного колеса, мм.

При этом момент на цепном колесе определяется по следующей формуле:

$$T_p = T_T - T_c = K_T \cdot T_c - T_c = (K_T - 1) \cdot T_c \quad (2)$$

где  $T_c$  - статический момент, создаваемый грузом на валу тормоза (червяка), стремящийся опустить груз.

$$T_c = \frac{F_{гр} \cdot d \cdot \eta_{п} \cdot \eta_{г.зв} \cdot \eta_{ч.п.}}{2 \cdot i_{п} \cdot i_{ч.п.}}, \quad (3)$$

где  $Q_{гр}$  - вес груза, Н;

$d$  - диаметр грузовой звездочки, м;

$i_{п}$  - кратность полиспаста;

$i_{ч.п.}$  - передаточное число червячной передачи;

$\eta_{п}$  - КПД полиспаста;

$\eta_{г.зв}$  - КПД грузовой звездочки;

$\eta_{ч.п.}$  - КПД червячной передачи.

Таким образом, при опускании груза необходимо преодолеть разницу между моментом тормоза  $T_T$  удерживающим груз, и моментом статическим  $T_c$  от груза, стремящимся опустить груз. А так как момент тормоза мало отличается от момента статического, то остается только преодолеть сравнительно небольшое усилие. Нельзя допускать, чтобы к тяговой цепи прикладывалось какое-либо усилие при опускании груза ( $K_T = 1$ ). Это означает, что груз может сам произвольно опускаться под действием собственного веса, что может привести к несчастному

случаю. Поэтому запас торможения  $K_T$  не может равняться единице ( $K_T \neq 1$ ), а должен быть больше единицы.

### 3. Конструкция и расчет конусного тормоза

Схема тормоза с постоянным давлением, вмонтированного в конструкции подъемного механизма — червячную ручную таль, показана на рисунке 2. Тормоз состоит из конуса 1, жестко связанного с червяком, храпового колеса 2 и собачки 5, ось которой укреплена в корпусе 4. Детали 1 и 2 образуют конический неразмыкаемый тормоз.

Окружное тормозное усилие на среднем диаметре конуса определяется по формуле:

$$F_K = \frac{2 \cdot T_T}{D_c} \quad (4)$$

где  $T_T$  - тормозной момент (Н·мм);

$D_c$  - средний диаметр конуса (мм).

Средний диаметр конуса можно определить, учитывая, что связь между окружным  $F_T$  и осевым  $F_0$  усилиями на червяке при передаче движения от червячного колеса к червяку определяется по формуле:

$$F_T = F_0 \operatorname{tg}(\gamma - \rho'), \quad (5)$$

где  $F_0 = \frac{2T}{d_2}$  (здесь  $T$  - крутящийся момент на валу

червячного колеса, создаваемый поднятым грузом, равный

$$T = F_{\max} \frac{d}{2}$$

$d_2$  - диаметр делительной окружности червячного колеса;

$d$  - диаметр грузовой звездочки;

$F_{\max}$  - максимальное усилие в ветви цепи, набегающей на грузовую звездочку;

$\gamma$  - угол подъема винтовой линии червяка, град;

$\rho'$  - приведенный угол трения ( $\rho' = \operatorname{arctg} t'$ ) (град).

Момент на червяке  $T_ч$  определяется по формуле:

$$T_ч = F_t \frac{d_1}{2} = F_0 \operatorname{tg}(\gamma - \rho') \frac{d_1}{2}, \quad (6)$$

где  $d_1 = 2r_1$  - диаметр делительной окружности червяка, мм.

Требуемый момент для удержания груза (тормозной момент)

$$T_T = T_ч K_T. \quad (7)$$

Так как

$$T_T = F_N f \frac{D_C}{2} = \frac{0,5 F_0 f D_C}{\sin \beta / 2} \quad (8)$$

то средний диаметр конуса определяется из соотношения

$$D_C = \frac{2T_T \sin \frac{\beta}{2}}{F_0 f} = \frac{d_1 \operatorname{tg}(\gamma - \rho') \sin \frac{\beta}{2} K_T}{f} \quad (9)$$

Размеры конуса принимаются, учитывая, что

$$D_C = 0,5(D_H + D_B) \text{ и } D_H = (1,2 - 1,6) D_B \quad (10)$$

давление на конической поверхности проверяют по формуле:

$$P = -\frac{4F_0}{\pi(D_H^2 - D_B^2)} \leq [p], \quad (11)$$

где  $[p]$  — допускаемое давление Н/мм<sup>2</sup>.

Длину образующей конуса находят по допускаемому давлению:

$$B = \frac{2F_0}{\pi(D_H - D_B [p] \sin(\beta/2))}. \quad (12)$$

Точки рабочей поверхности конуса движутся с разными окружными скоростями, вследствие чего поверхность неравномерно изнашивается. Для полного размыкания зазоров между трущимися поверхностями должен быть не менее 0,75 мм при асбестовой прокладке и 0,2 мм при металлических поверхностях.

Замыкающееся усилие, действующее вдоль вала, определяется из формулы (8):

$$F_0 = \frac{2T_T + \sin \frac{\beta}{2}}{D_0 f} \quad (13)$$

Чем меньше уклон конуса  $\beta/2$ , тем меньше осевое замыкающее усилие; во избежание заклинивания тормоза угол  $\beta/2$ , должен быть не менее  $15^\circ$ .

#### 4. Порядок выполнения работы

1. Определить число заходов червяка  $Z_1$  и число зубьев червячного колеса  $Z_2$ , найти передаточное число червячной передачи по формуле:

$$U = \frac{Z_2}{Z_1} \quad (14)$$

2. Штангенциркулем измерить наружный диаметр приводного цепного колеса круглозвенной сварной цепи  $D_H$  и глубину ручья  $h$ , значения  $B_1$ ,  $B_2$  и  $B_3$  и определить число ячеек  $Z_K$  (рисунок 3).

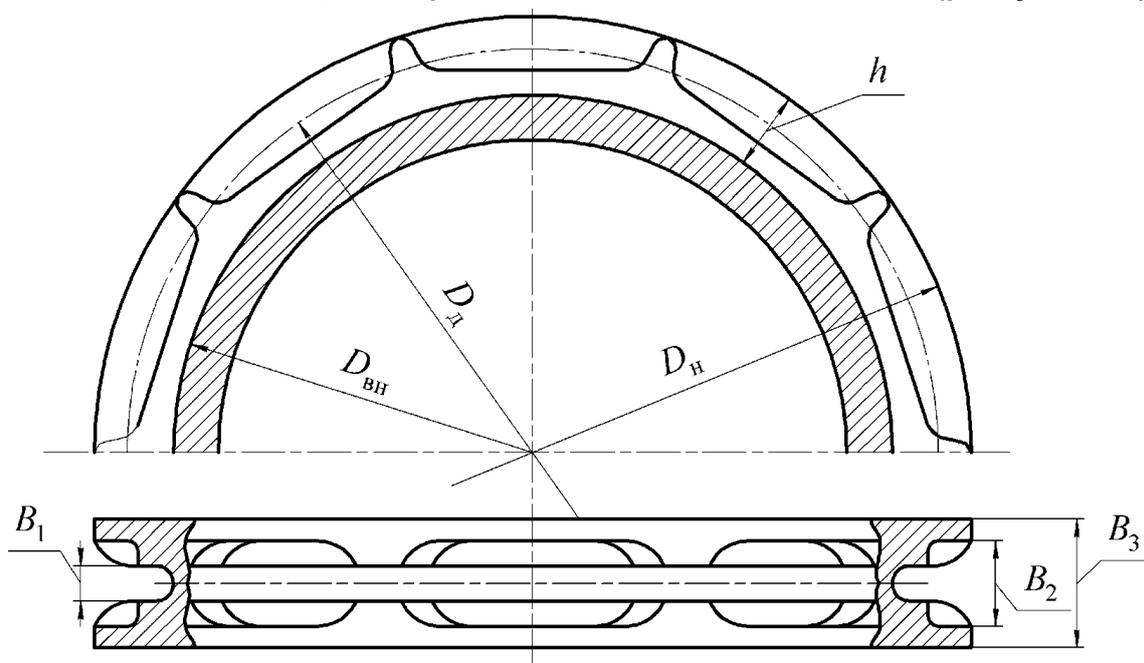


Рисунок 3 – Приводное цепное колесо

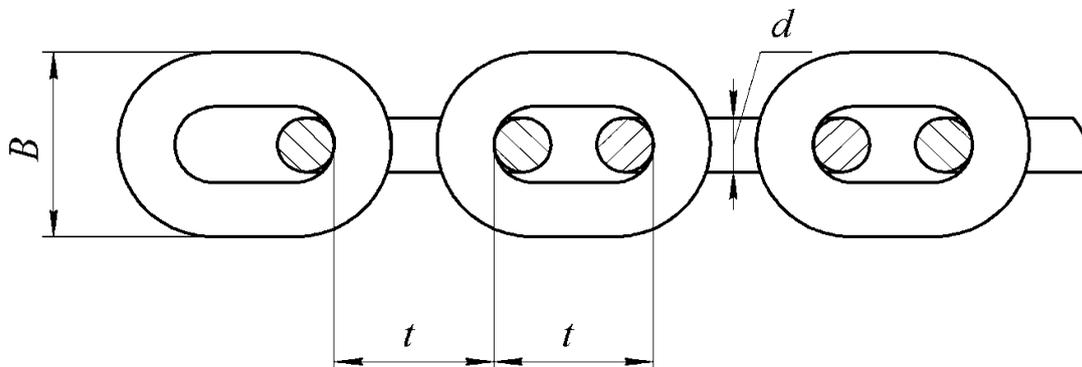
3. Ориентировочно рассчитать делительный диаметр приводного колеса по формуле

$$D_0 = D_H - h \quad (15)$$

4. Вычислить предварительное значение шага цепи по следующей формуле:

$$t' = D_{\text{д}} \left( \sin \left( \frac{90}{z_k} \right) \right) \quad (16)$$

5. По таблице 1 с учетом полученных результатов измерений найти ближайшее стандартное значение шага цепи  $t$  (рисунок 4).



$B$  - ширина;  $t$  - шаг;  $d$  - диаметр проволоки (калибр)

Рисунок 4 – Параметры сварных круглозвенных цепей

Таблица 1 – Параметры сварных круглозвенных цепей

Калибр цепи $d$ , мм	Шаг цепи $t$ , мм	Ширина звена $B$ , мм	Масса, кг/м	Испытательная нагрузка, кН	
				Приемочная пробная	разрушающая, не менее
5	15	17	0,54	15,8	31,6
5,6	17	19	0,75	19,8	39,6
(6)	18	20	0,80	22,7	45,4
6,3	19	21	0,90	25,0	50,0
(7)	21	23	1,10	30,8	61,6
7,1	21	23	1,20	31,7	63,4
8	24	26	1,40	40,3	80,6
(8,7)	26	29	1,65	47,6	95,2
9	27	30	1,80	51,0	102,0

*Примечание.* Значения, приведенные в скобках, неpreferred.

6. Уточнить значение делительного диаметра приводного колеса  $D_{\text{д}}$  из формулы 15.

7. С помощью штангенциркуля измерить параметры грузовой звездочки пластинчатой цепи, установленной на выходном валу:

диаметр выступов  $D_e$ , диаметр впадин  $D_i$  и ширину зуба  $B$ , определить число зубьев грузовой звездочки  $Z_{гр}$  (рисунок 5).

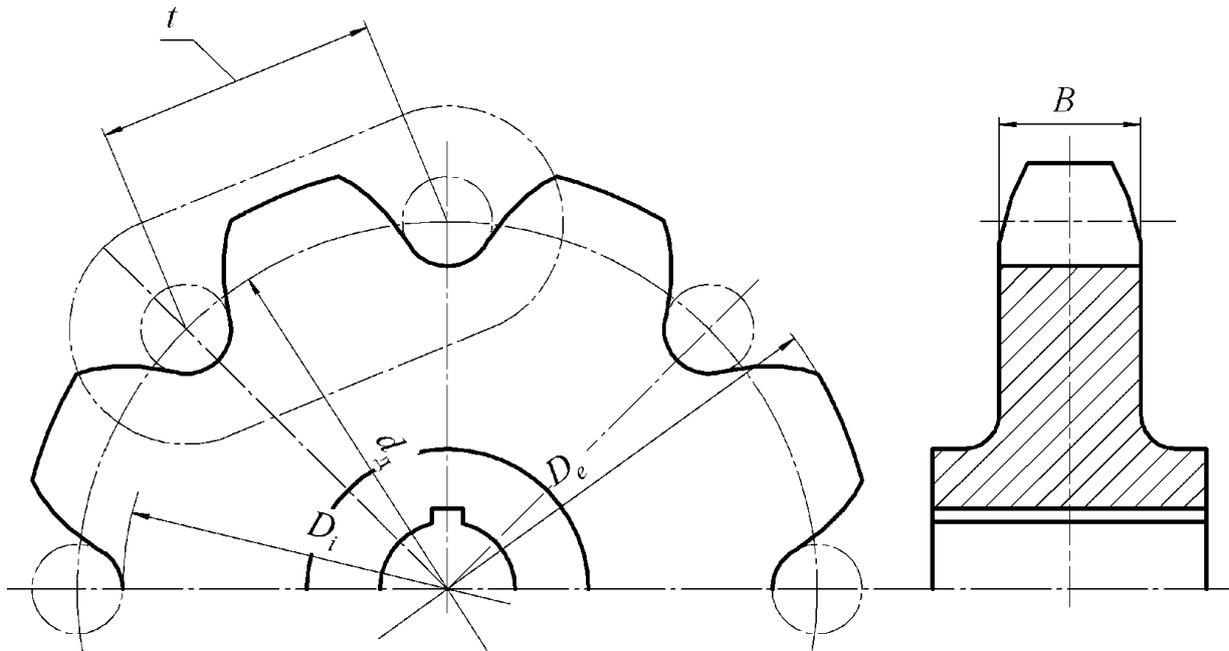


Рисунок 5 – Грузовая звездочка

8. Найти ориентировочное значение делительного диаметра звездочки по формуле

$$d_d = \frac{D_e + D_i}{2} \quad (17)$$

9. Исходя из полученной величины  $d_d$ , рассчитать предварительное значение шага пластинчатой цепи по следующей формуле:

$$t' = d_d \left( \sin \left( \frac{180^\circ}{Z_{гр}} \right) \right) \quad (18)$$

10. По таблице 2 установить стандартное значение шага цепи  $t$  и уточнить величину делительного диаметра грузовой звездочки  $d_d$  из выражения 17.

11. Определить величину крутящего момента на ведомом валу при заданной преподавателем грузоподъемности  $Q$ , кг, по формуле

$$T_2 = \frac{Q \cdot g \cdot d_d}{2} \quad (19)$$

12. Вычислить величину момента на ведущем валу по формуле:

$$T_1 = \frac{T_2}{U \cdot \eta_0} \quad (20)$$

где  $\eta_0$  - КПД ручного привода тали.

Общий КПД ручного привода рассчитывается из выражения

$$\eta_0 = \eta_{ч.п} \eta_{п.п} \eta_{п.р} \eta_{з.р}$$

где  $\eta_{ч.п}$  - КПД открытой червячной передачи, принимаемый 0,5-0,6;

$\eta_{п.п}$  - КПД пары подшипников, равный 0,99;

$\eta_{п.р}$  - КПД приводного колеса, принимаемый 0,90...0,94;

$\eta_{з.р}$  - КПД грузовой звездочки, равный 0,90...0,94.

13. Найти величину окружного усилия рабочего:

$$F_p = \frac{2T_1}{d_d} \quad (21)$$

14. Учитывая, что при использовании дополнительного блока-звездочки (при двукратном полиспасте) максимальное усилие на рукоятке уменьшается, определить величину окружного усилия рабочего по формуле

$$F_p = \frac{F_p}{a \eta_{п}} \quad (22)$$

где  $a$  - кратность полиспаста;  $\eta_{п}$  - КПД двукратного цепного полиспаста, равный 0,95.

Таблица 2 – Параметры пластинчатых цепей

Шаг $t$ , мм	Ширина $B$ , мм	Разрушающая нагрузка $F_{разр}$ , кН	Масса 1 м цепи, кг
25	18	25	1,4
35	22	50	2,7
40	25	80	3,4

15. Исходя из полученных величин усилий рабочего, по согласованию с преподавателем выбрать скорость перемещения приводной цепи рабочим (таблица 3), найти скорость подъема

груза при различных схемах использования тали. Без использования дополнительного блока-звездочки скорость груза

$$V_{зр1} = V \cdot D_{\partial} / U \cdot D_{2к} \quad (23)$$

16. С использованием дополнительного блока-звездочки скорость груза

$$V_{зр2} = V_{зр1} \cdot a \quad (24)$$

Таблица 3 –Силловые и скоростные параметры ручной тали

Продолжительность работы	Усилие рабочего $F_p$ , Н	Скорость $V$ , м/с
Непрерывная (6-8 ч)	120-160	0,6-0,8
Периодическая (6-8 ч) с частыми перерывами	180-200	0,5-0,6
Кратковременная (<5 мин)	300-400	0,3-0,4
Рывок	<800	0,1-0,2

Результаты расчетов занести в таблицу 4.

Таблица 4 – Результаты расчетов параметров ручной тали

Параметр	Крутящий момент $T$ , Н·м	Заданный вес $Q$ , кг
Входной вал		
Выходной вал		
Вид исполнения	Усилие рабочего $F_p$ , Н	Скорость подъема $V_{зр}$ , м/с
Без блока-звездочки		
С блоком-звездочкой		

## 5. Содержание отчета

В отчете необходимо привести: название и цель работы; кинематическую схему ручной тали; краткое описание устройства и работы ручной тали; определение усилия рабочего при заданном весе груза и скорости подъема груза; таблицу 4.

## 6. Контрольные вопросы

1. Из чего состоит ручная таль?
2. Принцип работы ручной тали?
3. Почему в тали использован двухзаходный червяк?
4. Назначение тормоза тали.
5. Нужен ли тормоз при использовании однозаходного червяка?
6. Каким элементом определяется грузоподъемность тали?
7. Каким образом повышается грузоподъемность ручной тали?

## Литература

1. Ерохин, М.Н. Подъемно-транспортные машины: учебник / М.Н. Ерохин [и др.]. - М.: КолосС, 2010. - 335 с.: ил. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). - ISBN 978-5-9532-0625-9
2. Александров М.П. Грузоподъемные машины. Учебник для вузов - М: Изд-во МГТУ им. И.Э.Баумана Высшая школа, 2000. – 552 с.
3. Грузоподъемные машины: Учебник для вузов/ М.П. Александров, Л.Н.Колобов, Н.А.Лобов и др.: - М.: Машиностроение, 1986 – 400 с., ил.
4. Штремель Г.Х. Грузоподъемные машины. Учебник. 3-е изд., доп. – М.: Высшая школа, 1980.-304 с. ил.